

Evocazione Matrioska

Conservando "la madre", le facciate di edifici
in muratura e reimpiantando
"il seme", i volumi interni

di Sara Mangialardo,
Enrico Sergio Mazzucchelli, Margherita Persello

BOX IN THE BOX



SVUOTAMENTO CON SCAVO: ex Cottonificio Cantoni a Legnano.
A destra (sinistra), montaggio di una struttura verticale reticolare in
profili di acciaio con l'ausilio di ponteggio ausiliario - Studio Cusmano.

Il recupero e la riqualificazione degli edifici esistenti rappresentano una sfida sempre più rilevante e attuale alla luce del contesto economico e delle nuove esigenze di sostenibilità ambientale. In ambito italiano una percentuale considerevole del patrimonio edilizio è costituita da edifici realizzati in muratura portante, sui quali si è soliti intervenire principalmente mediante tecniche di consolidamento e di recupero edilizio volte ad aumentare il livello di sicurezza statica dell'edificio. Tuttavia, in relazione alle nuove frontiere dell'abitare, tale requisito non è più sufficiente, ma occorre garantire anche un adeguamento dell'immobile al fine di portarlo ai livelli prestazionali energetici e tecnologici oggi richiesti. Ciò assume maggiore rilievo dal momento che spesso gli interventi di recupero non hanno carattere meramente commerciale: i margini di guadagno possono essere limitati, essendo i costi di vendita paragonabili a quelli di realizzazione dell'intervento, senza tralasciare la difficoltà di stabilire con certezza i costi e i tempi necessari per l'esecuzione di un intervento (a causa dell'elevato grado di imprevedibilità che si può avere rispetto ad una nuova costruzione).

PAROLE CHIAVE: SVUOTARE E CONSERVARE

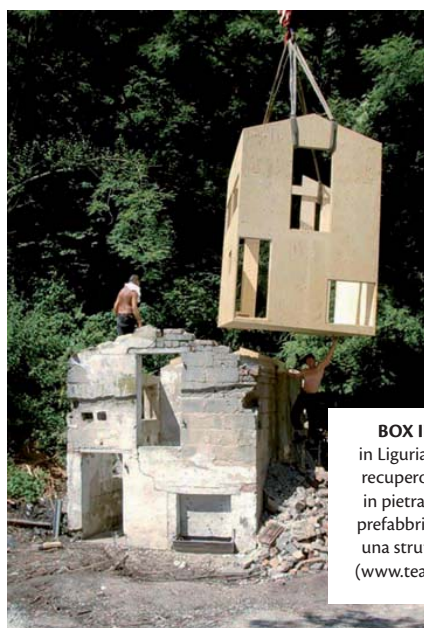
Con una densità media di circa 200 abitanti per km², l'Italia è tra i paesi più densamente popolati dell'Unione Europea, con un totale di 11 milioni di edifici secondo il 14° Censimento aggiornato al 2001; di questi il 60%, pari a circa 7 milioni, è stato costruito prima del 1971 e i restanti 4 milioni nei successivi 30 anni. Inoltre, l'incommensurabile valore di parte del patrimonio edilizio italiano genera un vincolo culturale che spesso subordina le tecniche di adeguamento prestazionale alla conservazione storica di una realtà, peraltro estremamente diversificata, di edifici e di tipologie costruttive. Ogni fabbricato è un immobile a sé per il quale il progettista deve individuare e sviluppare di volta in volta una soluzione "ad hoc". La complessità del problema ha spesso orientato i progettisti verso strategie di "messa in sicurezza" degli edifici attraverso interventi di adeguamento

strutturale limitati alle sole modifiche strettamente indispensabili. In generale occorre tener presente che gli interventi di riqualificazione dovrebbero essere rispettosi sia delle caratteristiche specifiche della costruzione, di tipo tecnologico-costruttivo e materico, sia delle modalità di risposta alle sollecitazioni cui la stessa è soggetta.

Occorre considerare, infatti, che qualsiasi intervento, seppur migliorativo, ma non sufficientemente studiato, potrebbe comportare un'alterazione della natura originaria dell'opera con possibili ricadute negative sotto altri punti di vista. I recenti eventi sismici in Italia hanno ampiamente evidenziato questo fatto, specialmente in relazione ai danni subiti da costruzioni in muratura oggetto di precedenti interventi di riqualificazione che avevano trascurato tale aspetto.

Troppo spesso sono solo gli obblighi normativi a costituire l'impulso per interventi di recupero e adeguamento e ciò fa sì che questi siano legati a provvedimenti di urgenza, con un approccio che tende all'individuazione di soluzioni limitate a quanto strettamente necessario. Tuttavia in questo modo, anche dopo l'intervento, l'edificio continuerà inevitabilmente a essere considerato come una "vecchia costruzione", sia in termini qualitativi che economici, mentre al contrario sarebbe auspicabile un approccio in grado di

SI DEMOLISCONO GLI ELEMENTI INTERNI, SI MANTENGONO LE FACCIATE. E SOLO SE L'INVOLUCRO STORICO È DI PREGIO



BOX IN THE BOX
in Liguria, intervento di recupero di un edificio in pietra con struttura prefabbricata inserita in una struttura esistente (www.teatroinscatola.it)





A BARCELONA
Intervento di svuotamento con sospensione della facciata, vista del cantiere e dettaglio degli ammassamenti del centro commerciale di Las Arenas.



sfruttare l'intervento di recupero come occasione per portare l'immobile a un livello tecnologico, energetico e di comfort indoor in linea con quello di un edificio di nuova costruzione. Soprattutto in caso di immobili sottoposti a vincolo architettonico, "svuotare" l'edificio preservandone l'involucro storico può costituire una valida soluzione per raggiungere tale obiettivo.

Questa particolare tecnica permette infatti di mantenere le facciate demolendo gli elementi interni (partizioni orizzontali e verticali e, se necessario, la copertura) e ricostruendoli "ex novo".

Si tratta di una tecnica relativamente recente che, sebbene trovi ancora poco spazio nella letteratura scientifica, è al contrario abbastanza diffusa nella pratica del mondo delle costruzioni, specialmente al di fuori dei confini italiani, dove prende il nome di "façadism".

FACADISM, SI MANTENGONO LE FACCIATE DEMOLENDO GLI ELEMENTI INTERNI

Non mancano tuttavia alcuni significativi esempi di applicazione di tale tecnica anche in Italia. Si ricordano, a titolo esemplificativo, l'intervento di rinnovamento del Teatro alla Scala e il recupero del Palazzo dell'Arengario in piazza del Duomo a Milano. L'ambizioso intervento dell'architetto Mario Botta ha dato nuova vita a uno dei teatri più famosi al mondo che dai primi anni novanta funzionava in deroga ai regolamenti di sicurezza in materia di prevenzione incendi e antinfortunistica, mentre nel 2009 gli architetti Italo Rota e Fabio Fornasari hanno trasformato l'Arengario nella nuova sede del Museo del '900. Altrettanto degni di nota sono gli interventi spagnoli di Las Arenas a Barcellona, a cura di Richard Rogers, e del Caixa Forum a Madrid di Herzog & de Meuron che han-

no anche firmato l'intervento gemello della Filarmonica di Amburgo.

La presenza di interventi celebri non costituisce tuttavia un precedente che ne autorizza l'utilizzo su larga scala a prescindere da una attenta valutazione dello specifico intervento e del contesto in cui lo stesso si va ad inserire. Caso per caso occorre stabilire il valore di ciò che viene demolito e valutare se lo svuotamento sia una strada effettivamente percorribile. Tuttavia sono numerosi i casi in cui il valore storico-artistico di un edificio risiede solamente nella facciata esterna. Al contrario gli elementi interni, non sempre di particolare pregio o già oggetto di rifacimenti successivi alla prima costruzione che ne hanno alterato la natura e l'originalità, possono essere demoliti. Ciò consente la realizzazione di un vero e proprio "nuovo edificio", con prestazioni pari a quelle di un fabbricato di nuova costruzione, all'interno

di un involucro storico di pregio. La pretesa di salvaguardare ad ogni costo un edificio in maniera integrale può talvolta condurre paradossalmente alla sua integrale perdita.

PERCHÉ DECIDERE DI "SVUOTARE" UN EDIFICIO?

La scelta di operare un intervento di svuotamento è legata ai vantaggi che derivano dalla possibilità di garantire, al termine della riqualificazione, un apparato prestazionale pari a quello di un edificio di nuova costruzione. La tecnica dello svuotamento consente di svincolarsi dalle caratteristiche fisico-meccaniche del vecchio fabbricato poiché la qualità dell'edificio, a lavori conclusi, è legata in primis alle caratteristiche del nuovo immobile costruito al suo interno, mentre alle parti conservate non è più richiesto di garantire prestazioni specifiche dal punto di vista termico e acustico. La facciata avrà principalmente una funzione estetica e di testimonianza storica, con un compito solamente integrativo dal punto di vista prestazionale. In altre parole può contribuire, insieme alla soluzione di chiusura del nuovo fabbricato, a migliorare alcune prestazioni, ad esempio quelle termiche e acustiche. Di notevole importanza sono anche i van-

taggi ottenibili in termini di flessibilità architettonica, funzionale e impiantistica. Lo svuotamento con ricostruzione consente di variare la disposizione degli spazi interni secondo le moderne necessità in modo da garantire una buona flessibilità architettonica in pianta. Il tutto chiaramente non può prescindere da alcuni vincoli legati alla geometria in pianta dall'edificio esistente, così come alla grandezza e alla posizione dei vani finestra in facciata.

Dal punto di vista funzionale lo svuotamento permette anche di ricavare nuovi piani interrati e di differenziare le destinazioni d'uso dei vari piani in cui un edificio è suddiviso (normalmente spazi commerciali ai piani bassi, box e centrali tecniche e/o impiantistiche negli interrati, ecc.). Allo stesso modo non ci sono particolari limiti alla flessibilità impiantistica che dipende esclusivamente dalla progettazione del nuovo edificio.

E' opportuno inoltre sottolineare che i carichi cui sono sottoposte le strutture odierne sono in genere più gravosi rispetto al passato: per tale motivo un intervento classico di recupero richiede quasi sempre un adeguamento strutturale significativo delle murature portanti, oltre che delle fondazioni. Al contrario, tramite lo svuotamento non è ne-

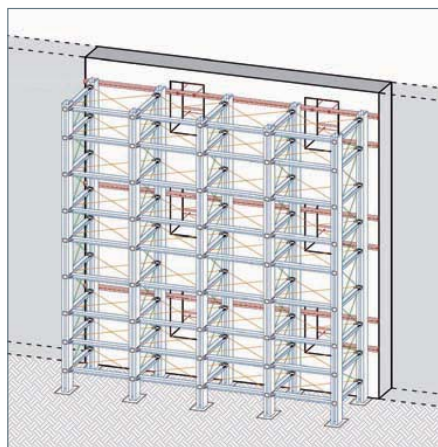
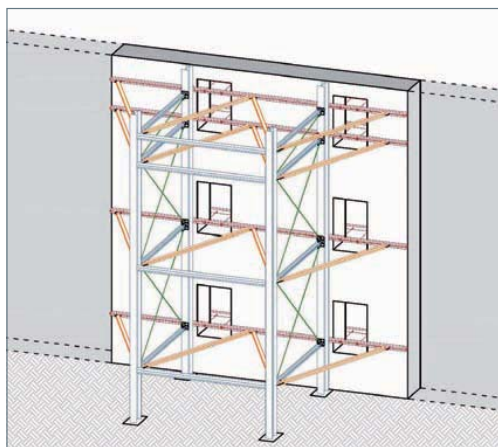
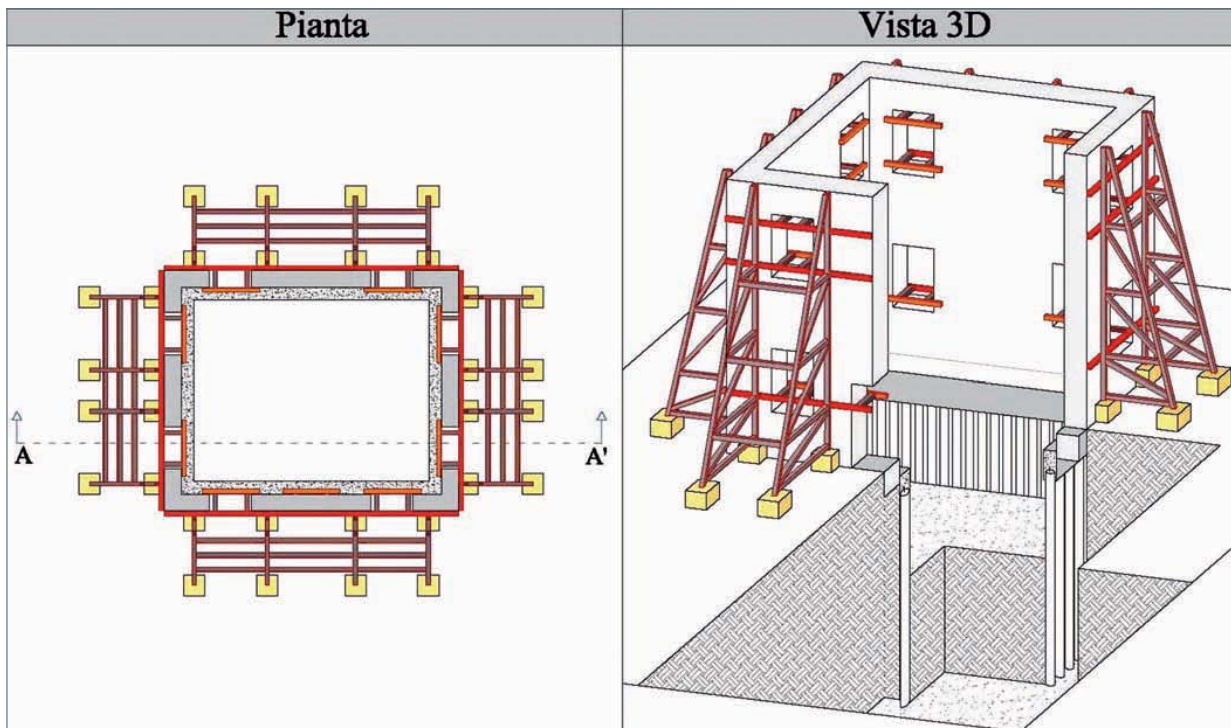
cessario intervenire in modo sostanziale sulla vecchia struttura, dal momento che i carichi dovuti agli elementi interni non gravano più sui muri perimetrali, bensì interamente sulla struttura del nuovo "contenitore" interno. I limiti di applicabilità dello svuotamento riguardano principalmente la gestione di un cantiere molto complesso e la riduzione della volumetria utile dell'edificio oggetto di intervento. In termini architettonici invece l'impossibilità di modificare le aperture in facciata può vincolare il layout funzionale-spaziale interno.

In alcuni casi, un intervento di riqualificazione può essere programmato per l'eliminazione degli effetti di modifiche o alterazioni dovute ad interventi successivi all'epoca di costruzione di un edificio e che ne hanno snaturato l'architettura e la storia. In altri occorre affidare a un nuovo sistema strutturale la trasmissione dei carichi in fondazione qualora un edificio in muratura si trovi in avanzato stato di degrado a causa di danni o lesioni provocate da eventi distruttivi di diversa natura (eventi sismici, cedimenti del terreno, eventi bellici, etc.). In queste situazioni lo svuotamento può rappresentare l'unica strategia per operare un intervento di riqualificazione mirato.

A MILANO

Panoramica del Teatro alla Scala di Milano dopo la ristrutturazione; sullo sfondo le due nuove torri (scenica ed ellittica).
E Palazzo dell'Arengario in piazza del Duomo a Milano, sede del Museo del '900.



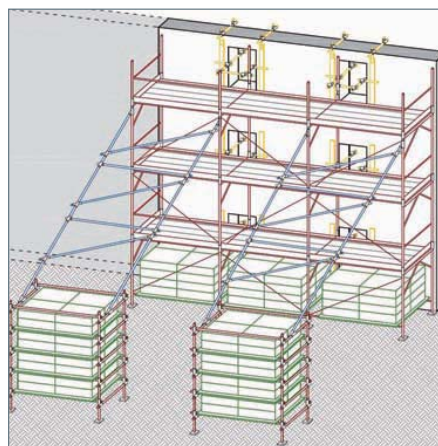
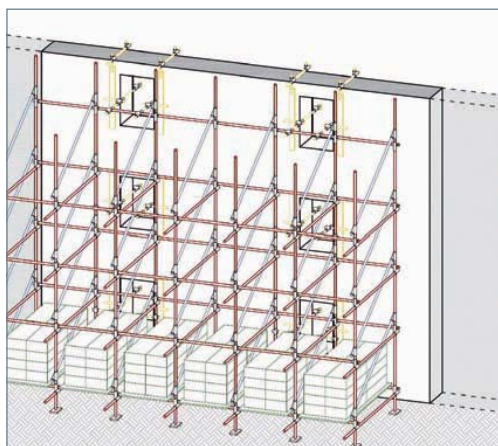


SOSTEGNO DALL'ESTERNO

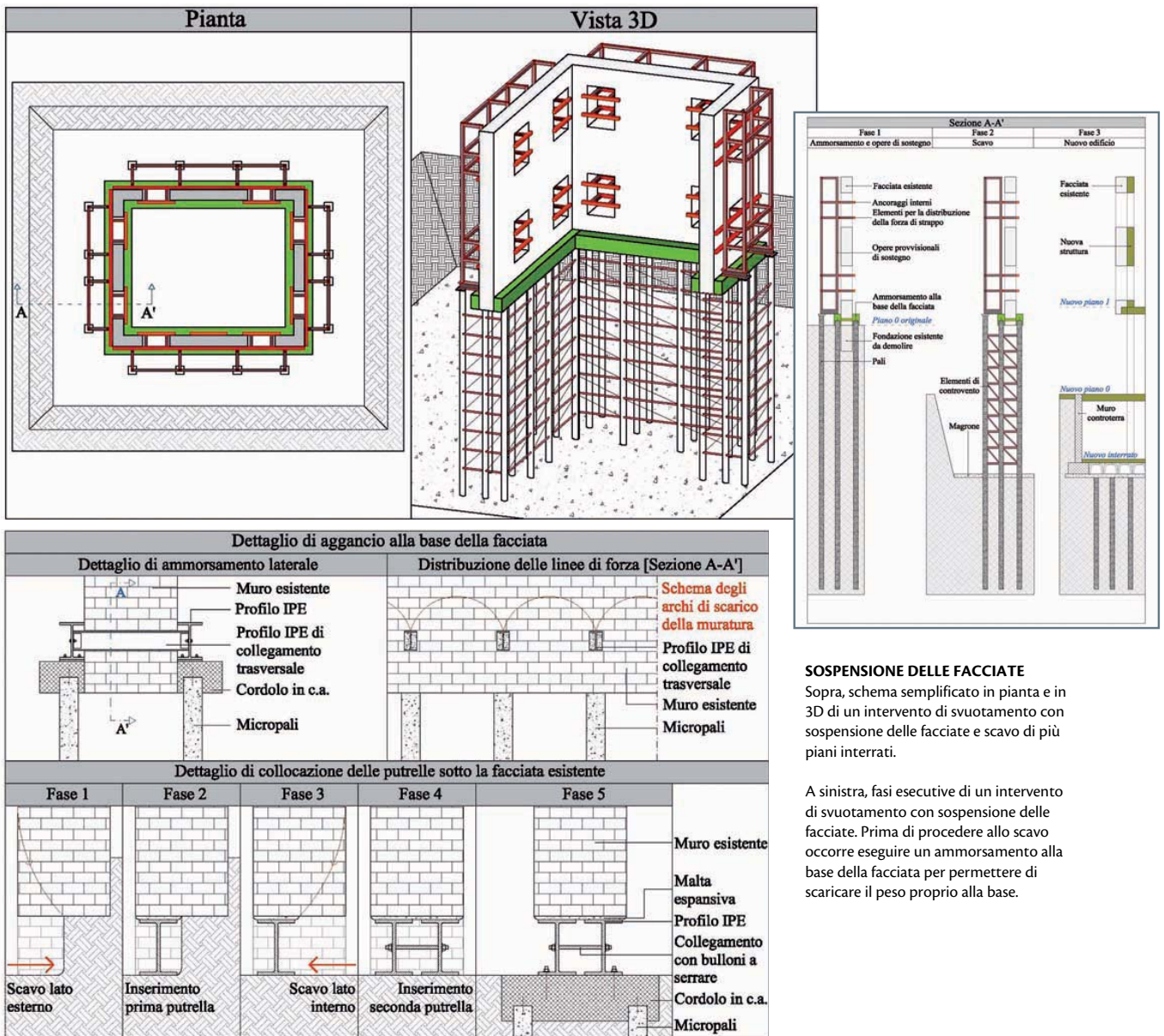
Sopra, schema semplificato in pianta e in 3D di un intervento di svuotamento e scavo di un piano interrato con opere provvisorie di sostegno dall'esterno.

A sinistra, esempio di opere provvisorie di sostegno della facciata dall'esterno: struttura verticale reticolare con profili in acciaio.

A destra, esempio di opere provvisorie di sostegno della facciata dall'esterno: struttura verticale a telaio con profili in acciaio.



A sinistra, esempio di opere provvisorie di sostegno della facciata dall'esterno: struttura reticolare di tubi-giunto
A destra, esempio di opere provvisorie di sostegno della facciata dall'esterno: ponteggio a telai prefabbricati con puntoni zavorrati.



SOSPENSIONE DELLE FACCIATE

Sopra, schema semplificato in pianta e in 3D di un intervento di svuotamento con sospensione delle facciate e scavo di più piani interrati.

A sinistra, fasi esecutive di un intervento di svuotamento con sospensione delle facciate. Prima di procedere allo scavo occorre eseguire un ammassamento alla base della facciata per permettere di scaricare il peso proprio alla base.

SOSTENERE LE FACCIATE: LE OPERE PROVVISORIE

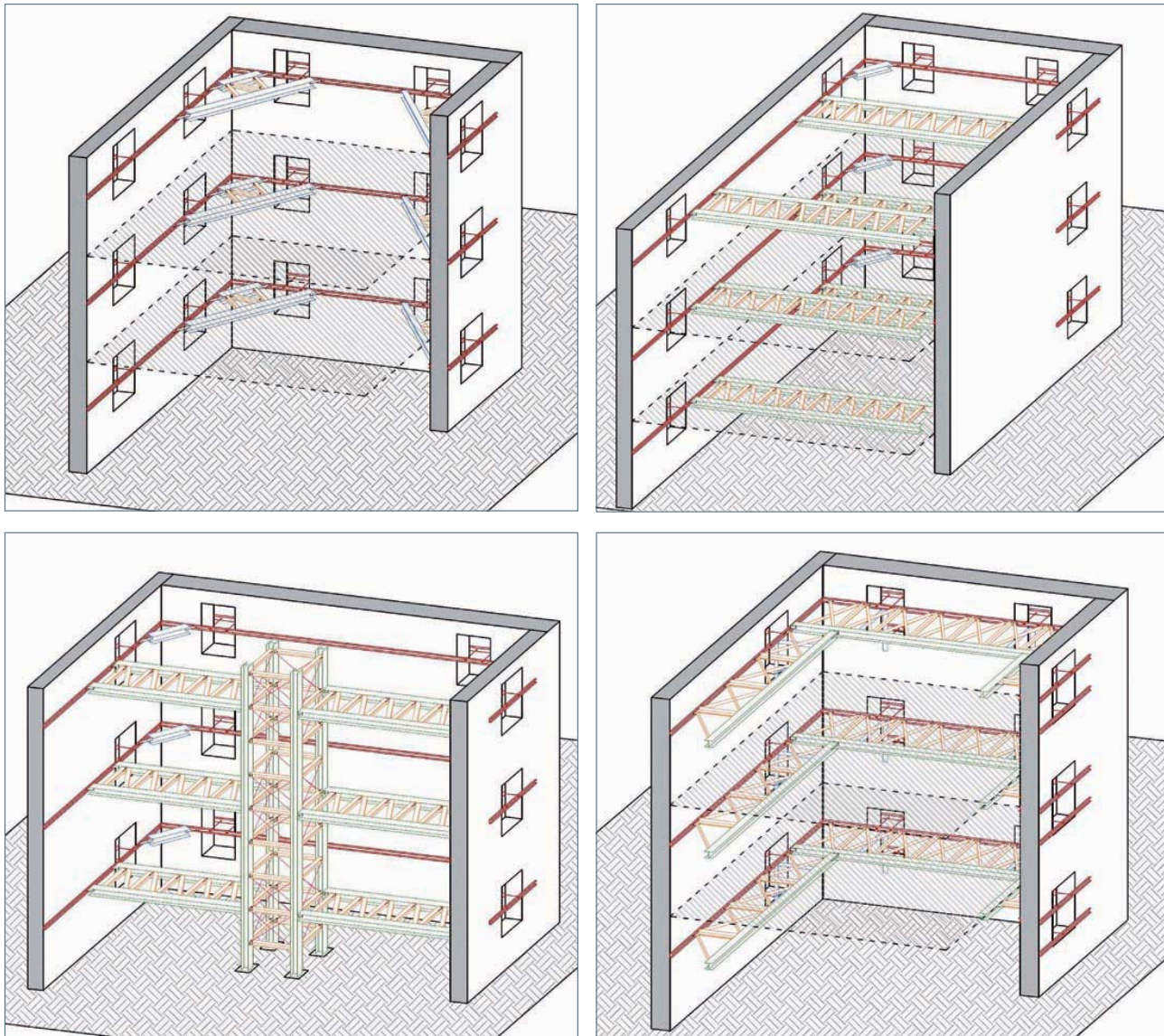
Esistono diverse metodologie per eseguire un intervento di svuotamento a seconda dei vincoli di contesto e della porzione di edificio che si vuole conservare: l'intero involucro, una singola facciata o una o più porzioni della stessa. E' in ogni caso conveniente valutare se sfruttare l'intervento di svuotamento per ricavare uno o più piani interrati per la disposizione di box, locali tecnici o cantine. In tale ipotesi per il sostegno del fronte di scavo è necessario realizzare delle opere di

sottofondazione al fine di poter operare in sicurezza e salvaguardare sia l'involucro dell'edificio oggetto di intervento, sia gli immobili adiacenti.

Ancora più audace è lo svuotamento con sospensione delle facciate che vengono mantenute in posizione attraverso un sistema di opere provvisorie che le sostiene dal basso: in tal caso si "libera" lo spazio al di sotto dei muri perimetrali per ottenere un nuovo piano terra libero da ingombri e vincoli con la possibilità di creare ampie aperture o addirittura piazze coperte. Le problematiche

sono notevoli e richiedono l'utilizzo di tecnologie all'avanguardia.

Un'attenzione notevole va quindi prestata al progetto delle opere provvisorie di sostegno poiché il danneggiamento accidentale delle porzioni di edificio da salvaguardare può provocare pesanti conseguenze di sicurezza, oltre che giuridiche e finanziarie. Le strutture temporanee devono essere realizzate con cura per non compromettere alcuno degli elementi da conservare e per permettere una gestione del cantiere il più possibile agevole e sicura. Ciò non è sem-



SOSTEGNO DALL'INTERNO

Sopra a sinistra, esempio di opere provvisionali di sostegno dall'interno: profili in acciaio disposti diagonalmente negli angoli.

Sopra a destra, esempio di opere provvisionali di sostegno dall'interno: travi semplici o reticolari con eventuale sostegno negli angoli.

A sinistra, esempio di opere provvisionali di sostegno dall'interno: travi reticolari con puntone centrale zavorrato per grandi luci.

A destra, esempio di opere provvisionali di sostegno dall'interno: travi reticolari ad anello.

plíce poiché il mantenimento di una porzione di edificio impone dei vincoli e delle limitazioni notevoli a livello di gestione e di coordinamento tra le diverse attività di cantiere che non devono interferire tra loro. L'operazione di svuotamento, pur essendo concettualmente rapida, si traduce infatti in numerose fasi operative. L'installazione delle opere provvisionali rappresenta la prima e fondamentale fase operativa per in-

tervenire su una struttura esistente. Queste devono garantire: sicurezza degli operatori, protezione della facciata da conservare, rapidità di esecuzione, flessibilità e adattabilità ad aree di lavoro di dimensioni ridotte o di difficile accessibilità, compatibilità e limitate interferenze con la normale viabilità pubblica, etc. Le soluzioni oggi a disposizione sono numerose e la scelta del sistema più idoneo dipende da diversi parametri. Prima di tutto

occorre considerare le caratteristiche della struttura soggetta a intervento, oltre che il rapporto del fabbricato con il tessuto urbano circostante per evitare di creare criticità e disagi per la comunità. Una corretta progettazione di uno specifico cantiere deve, inoltre, considerare altri aspetti, quali ad esempio la forza e la direzione del vento, la presenza di vibrazioni indotte dalle lavorazioni eseguite in cantiere, così come da mezzi

pesanti presenti nelle vicinanze (metropoli-tane, tramvie, ferrovie, etc.), i movimenti del suolo, l'eventuale azione sismica, l'instabilità e il fuori piombo di una facciata, etc. E' infine fondamentale eseguire una valutazione dei costi, che chiaramente dipendono non solo dal tipo di struttura temporanea individuata, ma anche da altri fattori. Ad esempio, l'utilizzo di un sistema di sostegno più ardito ma più costoso potrebbe essere giustificato da una minore superficie occupata di suolo pubblico (con minori oneri economici) e da minori disagi per la viabilità. Le principali problematiche da controllare tramite le opere provvisorie di sostegno sono principalmente tre:

- instabilità della facciata dovuta all'eliminazione degli orizzontamenti e delle partizioni interne;
- sgretolamento della facciata dovuto a vibrazioni di vario genere e/o alla vetustà della facciata;
- ribaltamento dovuto a: presenza di fuori

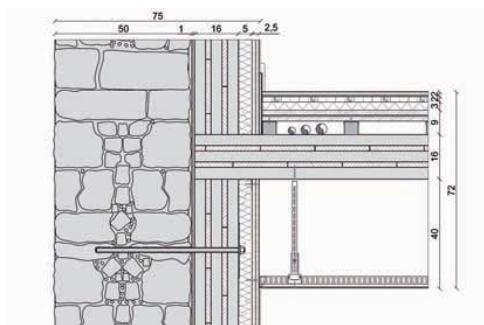
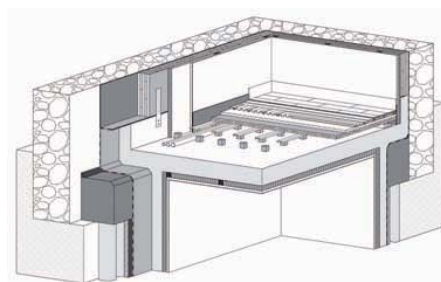
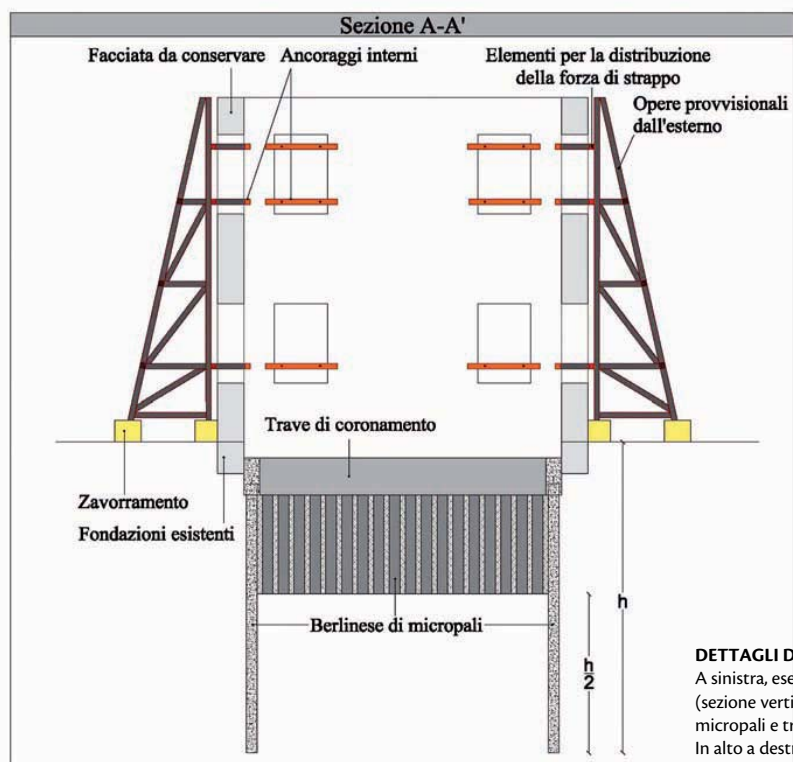
piombo, azione del vento, vibrazioni, esecuzione di scavi adiacenti alla facciata non adeguatamente eseguiti, etc.

Gli interventi di svuotamento si applicano generalmente a costruzioni vetuste e in edifici sottoposti a vincolo architettonico delle facciate dove nel corso degli anni un naturale degrado degli elementi può aver provocato il deterioramento degli ammorsamenti verticali e orizzontali dell'edificio con una conseguente apertura, più o meno modesta, della scatola muraria, che spesso si traduce in un fuori piombo delle facciate che può variare da pochi centimetri fino anche a 10-15 cm. La demolizione dei solai interni può comportare il rischio di ribaltamento dei muri perimetrali ed è pertanto da evitare che il baricentro della facciata da mantenere in opera cada al di fuori della sua impronta alla base, o comunque fuori dal suo nocciolo d'inerzia. A ciò si può aggiungere l'effetto dell'azione ribaltante provocata dalla spinta del vento: una parete priva di orizzontamenti e controventi diviene

una vela che può andare in crisi in presenza di forti raffiche di vento, soprattutto se i vani di porte e finestre vengono provvisoriamente tamponati con teli o fodere di legno. Altrettanto pericolosa è l'esecuzione di scavi adiacenti il piede di una facciata: le chiusure verticali infatti, con il proprio peso, rappresentano un carico costantemente agente sul fronte di scavo e pertanto il rischio di cedimento del terreno e/o di crollo locale della parete va assolutamente evitato con apposite opere di sostegno laterale del terreno e impiegando tecniche di scavo appropriate, ad esempio di tipo "top-down". Soggetta alle sopra descritte sollecitazioni, una parete in muratura, se non adeguatamente "imbrigliata" rischia di subire seri danni o, addirittura, il crollo.

ALERT PER DANNI O CROLLO ... "TRATTENERE LA FACCIATA"

A livello operativo, le fasi esecutive di montaggio delle opere temporanee di trattenuta



DETTAGLI DI TECNOLOGIA

A sinistra, esempio di intervento di svuotamento con scavo di un piano interrato (sezione verticale). Il sostegno del fronte di scavo è costituito da una berlinese di micropali e trave di coronamento in calcestruzzo.

In alto a destra, dettaglio tecnico: nodo controterra tra berlinesi di micropali, solaio piano terra in calcestruzzo armato e chiusura verticale costituita da nuova struttura in CLT e muratura portante esistente.

Sotto a destra, dettaglio tecnico: particolare del collegamento tra nuova struttura interna in CLT, muratura portante esistente e solaio interpiano.



CANTIERE
Esempio di movimentazione in cantiere di una parete in X-LAM.

di una facciata prevedono la sbadacchiatura delle aperture, la messa in opera di elementi per evitare il suo sgretolamento o danneggiamento, la predisposizione di ancoraggi e sistemi di distribuzione della forza di strappo (necessari per evitare eccessive azioni localizzate nei punti di ancoraggio), il montaggio del sistema di sostegno con relativo zavorramento. Di norma si procede dall'alto verso il basso e il montaggio delle opere provvisorie temporanee viene coordinato con le opere di demolizione. I principali requisiti caratterizzanti le opere di sostegno provvisoria sono quindi: resistenza meccanica, leggerezza (al fine di evitare la necessità di opere di fondazione/zavorramento troppo ingenti), facilità di montaggio e smontaggio, recuperabilità del materiale post-smontaggio, flessibilità (per garantire le tolleranze costruttive in cantiere), integrazione e limi-

tata interferenza con le altre lavorazioni di cantiere (dalla demolizione alla ricostruzione dei volumi interni), rispetto dei vincoli di contesto, costi contenuti.

ELEMENTI CHIAVE STRUTTURE E PONTEGGI

Ciò porta a prediligere soluzioni che prevedono l'impiego di strutture con profili in acciaio, solitamente di altezza notevole e con un'estensione orizzontale contenuta per limitare l'area di cantiere ed evitare la necessità di una troppo estesa occupazione di suolo pubblico. Se la scelta dell'acciaio rappresenta una soluzione quasi scontata per rispondere a molti dei requisiti presentati, non è altrettanto banale la scelta del tipo di struttura da utilizzare: i parametri più importanti sono i vincoli dati dal contesto e la necessità di integrazione con le fasi operative successive, da valutare in rela-

zione ai costi che ogni soluzione comporta. Le opere di sostegno esterne possono essere delle strutture reticolari/a telaio realizzate con profili in acciaio, dei ponteggi costituiti da tubi giunto strutturali oppure non strutturali con l'ausilio di puntoni zavorrati. Il montaggio dall'esterno permette di evitare di creare ostacoli e vincoli all'interno del cantiere, consentendo una gestione più semplice delle fasi di demolizione, esecuzione di eventuali opere di scavo e realizzazione del nuovo edificio. Lo svantaggio principale consiste invece nella necessità di occupazione di suolo pubblico e nelle conseguenti operazioni necessarie a garantire il mantenimento o la modifica della viabilità pubblica. E' possibile evitare quest'ultima problematica scegliendo strutture interne da montare senza l'ausilio di un ulteriore ponteggio provvisorio. In questo caso, per evitare lo svantaggio dell'ingombro dello spa-

zio interno al cantiere, si predilige l'utilizzo di strutture sospese. Se le luci sono contenute è possibile realizzare travi ancorate da una facciata a quella opposta; per distanze superiori si può inserire un pilastro centrale di sostegno opportunamente zavorrato, oppure si utilizzano travi reticolari ad anello.

DEMOLIRE-SOSTENERE- RICOSTRUIRE-SMONTARE

Terminate le operazioni di demolizione è possibile costruire il nuovo edificio e le opere provvisorie di sostegno vengono progressivamente smontate solo dopo la realizzazione della connessione tra la nuova struttura e l'involucro storico mantenuto in essere. Ma quale tecnologia adottare per realizzare il nuovo edificio? La scelta segue le stesse dinamiche del progetto di edifici di nuova costruzione: esistono delle esigenze dettate dalla normativa e dalla committenza per cui è compito del progettista individuare materiali e soluzioni tecniche che possano garantire con le loro prestazioni i livelli di comfort stabiliti. Anche dal punto di vista strutturale non ci sono limiti: è possibile adottare strutture in calcestruzzo armato, acciaio o legno, a telaio oppure a pannelli portanti, prefabbricate oppure realizzate direttamente in opera.

Tuttavia, a differenza degli edifici di nuova costruzione, il progettista dovrà affrontare delle criticità aggiuntive. Qualunque sia la soluzione individuata, la realizzazione del nuovo fabbricato avviene all'interno di un perimetro rigido costituito dalle porzioni di edificio da conservare e le fasi operative di ricostruzione della nuova struttura avvengono prima dello smontaggio delle opere provvisorie di sostegno. Ciò costituisce un vincolo che certamente condiziona alcune scelte progettuali, specialmente a livello di realizzazione in opera.

Le caratteristiche principali di un sistema tecnologico adatto per la ricostruzione di volumi interni sono:

- leggerezza, per consentire una maggiore facilità di trasporto, movimentazione e messa in opera. La leggerezza è estremamente importante quando si lavora in spazi ristretti, ad esempio in centri storici, e permette di

contenere i carichi gravanti sulle strutture di fondazione;

- facilità di montaggio e rapidità di costruzione. Tali caratteristiche permettono di ridurre i tempi (e di conseguenza spesso anche i costi) di un intervento, soprattutto in caso di interventi da eseguirsi in situazioni di emergenza;
- reversibilità, al fine di consentire lo smontaggio della struttura e la riutilizzazione/riciclo del materiale impiegato al termine della vita utile dell'edificio;
- elevate prestazioni del nuovo pacchetto di chiusura, anche da un punto di vista strutturale, con spessori tali da non comportare una eccessiva perdita di superficie commerciale.

La prefabbricazione e l'utilizzo di una soluzione modulare ad alte prestazioni ben si sposano con queste caratteristiche e rappresentano una scelta quasi naturale. La prefabbricazione garantisce inoltre un maggiore controllo dei costi di costruzione e una riduzione delle variabili di rischio sui tempi di completamento dell'intervento.

RI-COSTRUIRE CON IL CROSS LAMINATED TIMBER

Tra le possibili soluzioni per la realizzazione di un "nuovo edificio" entro il guscio "storico", l'utilizzo della tecnologia CLT (Cross Laminated Timber) è senz'altro una tra le più innovative. Essa unisce i vantaggi relativi alla messa in opera tipici delle tecnologie prefabbricate a pannelli portanti e l'efficienza prestazionale strutturale ed energetica del legno. I pannelli di CLT soddisfano il requisito di leggerezza: la densità è infatti pari a circa 470 kg/m³, un valore basso se confrontato con quello di altri materiali, strutturali e non, utilizzati nel mondo delle costruzioni edili (2.400 kg/m³ per il calcestruzzo armato,

7.850 kg/m³ per l'acciaio, 1.600-1.800 kg/m³ per il laterizio tradizionale e 1.450-1.500 kg/m³ per il laterizio alleggerito in pasta, con un valore di 800 kg/m³ con una percentuale di foratura del 45%). Peculiare è anche la facilità di montaggio: i pannelli vengono consegnati in cantiere pronti per il montaggio, mentre il taglio e le rifiniture sono eseguite in stabilimento tramite macchine a controllo numerico che lavorano seguendo direttamente le tavole esecutive realizzate dal progettista. Ciò garantisce un'elevata precisione dimensionale, una riduzione degli errori in cantiere e la necessità di minori tolleranze costruttive. È possibile organizzare il montaggio e la realizzazione di una struttura anche senza necessità di stoccaggio dei pannelli in cantiere, procedendo secondo la logica "just-in-time": il camion trasporta in cantiere i pannelli che vengono immediatamente messi in opera, riducendo gli spazi necessari allo stoccaggio di materiale in cantiere. Il sollevamento e la movimentazione dei pannelli avviene mediante gru direttamente in cantiere dove una squadra tipo, composta mediamente da quattro cinque operatori, esegue il montaggio dei pannelli e le relative connessioni. L'utilizzo della tecnologia CLT permette di contrarre significativamente la durata di un cantiere: mediamente la realizzazione della struttura di un edificio di due o tre livelli comporta un tempo pari a due settimane, escluse le opere interrante. Ciò comporta una riduzione dei costi fissi e variabili di cantiere, specialmente quelli legati al nolo delle opere provvisorie e dei macchinari necessari a eseguire l'intervento, oltre che una diminuzione degli oneri finanziari e del periodo di ammortamento. La sequenza operativa di montaggio prevede la rimozione degli ancoraggi delle opere provvisorie di un piano, il montaggio della struttura del

SI RICOSTRUISCE PRIMA DI SMONTARE LE OPERE PROVVISORIE DI SOSTEGNO: UN VINCOLO CHE CONDIZIONA LE SCELTE PROGETTUALI

medesimo livello, la realizzazione delle connessioni della stessa con il vecchio involucro e la reiterazione del processo ai piani successivi. Rilevante è la possibilità di eseguirne lo smontaggio, qualora lo si ritenga necessario, alla fine della vita utile dell'edificio. A tal fine è sufficiente rimuovere le connessioni e procedere al recupero dei pannelli, totalmente riciclabili. I limitati tempi di realizzazione e la semplicità di montaggio e smontaggio rendono questa tecnologia estremamente competitiva. Se confrontato ad esempio con il calcestruzzo armato, il CLT, così come l'acciaio, permette di semplificare la messa in opera garantendo vantaggi in termini di rapidità e di minimizzazione degli errori in cantiere e, a differenza di quest'ultimo, coniuga una maggiore leggerezza con buone caratteristiche strutturali. A ciò si aggiungono le buone prestazioni dal punto di vista termico: il CLT infatti è caratterizzato da una conduttività termica pari a 0,11 - 0,13 W/mK, un valore estremamente basso rispetto al quello del calcestruzzo (1,15-1,6 W/mK) o dell'acciaio (16-50 W/mK) e comunque competitivo rispetto alla conduttività dei moderni blocchi di laterizio (0,2 W/mK), dei quali è inferiore anche la capacità termica di 1.000 J/kgK (contro il valore di 1.600 J/kgK del CLT). Da ciò deriva che l'impiego di tale tecnologia in interventi di svuotamento con ricostruzione permette di minimizzare gli spessori della nuova chiusura verticale a parità di prestazioni energetiche. Ottime sono anche le caratteristiche igrometriche, anche se fondamentale è lo studio di dettaglio, sia per fare in modo che eventuali infiltrazioni d'acqua provenienti dalla vecchia facciata possano essere controllate, sia per la durabilità dei pannelli. Rilevante è anche la riduzione dei ponti termici e acustici grazie alla continuità che la struttura in pannelli CLT può garantire. Considerando le forme e le geometrie semplici degli edifici storici in muratura soggetti a interventi di svuotamento, esiste una buona libertà di progettazione e di realizzazione, così come di flessibilità costruttiva. In merito alle prestazioni sismiche, gli edifici in CLT possiedono infine tutte quelle caratteristiche che rendono le strutture in legno particolarmente performanti sotto l'azione di un terremoto. L'utilizzo del CLT unito alla tecnica dello svuotamento costituisce una strategia che risponde alle esigenze del recupero, sia funzionali che prestazionali, consentendo di ottenere un fabbricato ad alte prestazioni paragonabili a quelle di edifici di nuova costruzione garantendo la qualità del "prodotto finito" con una buona certezza dei costi e dei tempi dell'intervento. Il tema del recupero edile si presenta complesso e allo stesso tempo di prioritaria importanza sociale e ambientale, specialmente in Italia. La possibile inadeguatezza nei confronti delle esigenze spaziali e abitative moderne, gli elevati consumi energetici, il rischio sismico e gli ingenti costi di ricostruzione post-sisma, mostrano come questa tematica sia di rilevanza nazionale. In particolare, considerando il valore storico di parte del patrimonio costruito, è fondamentale che la ricerca si sviluppi verso soluzioni innovative per permettere la conservazione degli edifici di pregio che rappresentano un simbolo della storia di un paese che vive anche attraverso la memoria raccontata dagli edifici. La loro conservazione è certamente un onere considerevole, tuttavia, allo stesso tempo, rappresenta un'occasione economica di sviluppo, per un'economia nazionale intelligente e consapevole basata sul principio della prevenzione.