
Materiali per la transizione del costruito

Traiettorie di innovazione



Materiali per la transizione del costruito

Traiettorie di innovazione

Colophon

Questo volume e gli esiti di ricerca in esso pubblicati sono stati finanziati dall'Unione europea - NextGenerationEU attraverso il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) Missione 4 "Istruzione e ricerca" Componente 2 "Dalla ricerca all'impresa" Investimento 1.5 - Ecosistema ECS_00000043 "iNEST - Interconnected Nord-Est Innovation Ecosystem" (CUP F43C22000200006) - Spoke 4.

**Materiali per la transizione del costruito.
Traiettorie di innovazione**

a cura di
Elisa Zatta
Rosaria Revellini

ISBN (cartaceo)
979-12-5953-173-5
ISBN (digitale)
979-12-5953-244-2
DOI
10.57623/979-12-5953-244-2



Il presente volume è pubblicato in modalità Open Access Gold. Il file è scaricabile dalla piattaforma Anteferma Open Books www.anteferma.it/aob/

editore
Anteferma Edizioni
via Asolo 12, Conegliano, TV
edizioni@anteferma.it

progetto grafico
Giulia Ciliberto
Luca Coppola
Pietro Costa
Giacomo Dal Prà

copyright



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

iNEST	Spoke 4 Città, Architettura e Design Sostenibile
-------	--

Coordinatore	Lorenzo Fabian
--------------	----------------

Coordinamento scientifico	Massimiliano Condotta (Iuav) Lorenzo Fabian (Iuav) Luciano Gamberini (UniPD) Elena Marchigiani (UniTS) Alberto Sdegno (UniUD) Lorenzo Bellicini (CRESME) Pierpaolo Campostrini (CORILA)
------------------------------	---

Disclaimer

L'apparato iconografico presente è volto a supportare la comprensione dei prodotti della ricerca illustrati nel volume. Tutte le fonti delle figure sono state opportunamente segnalate dalle curatrici e dagli autori.

GRUPPO DI LAVORO

Università Iuav di Venezia (Spoke leader)

Massimiliano Condotta (coordinatore task 2.1), Martino Dereani, Giuseppe Emmi, Alice Rampazzo, Rosaria Revellini, Valeria Tatano, Elisa Zatta.

Università degli Studi di Udine

Giovanni Comi, Vincenzo d'Abramo, Anna Frangipane, Giada Frappa, Margherita Pauletta, Claudia Pirina, Alberto Sdegno.

Università degli Studi di Trieste

Thomas Bisiani, Gianfranco Guaragna, Paola Limoncin, Carlo Antonio Stival.

Indice

	Introduzione Massimiliano Condotta	p. 7
	Circolare e low-carbon: soluzioni progettuali e costruttive per il territorio del Nord-Est Elisa Zatta, Rosaria Revellini	p. 11
CAPITOLO 1 Esperienze sul campo	Progettare con il compensato strutturale Lorena Alessio	p. 18
CAPITOLO 2 Traiettorie di innovazione	Design di transizione: adattabilità, flessibilità, trasformazione Thomas Bisiani, Gianfranco Guaragna, Paola Limoncin, Carlo Antonio Stival	p. 44
	Ripensare la dismissione. Riuso dei materiali e pratiche innovative di intervento Giovanni Comi, Vincenzo d'Abramo, Anna Frangipane, Claudia Pirina, Alberto Sdegno	p. 60
	Calcestruzzo riciclato con elevate percentuali di aggregato riciclato: aspetti applicativi e casi studio Alice Rampazzo, Massimiliano Condotta	p. 78
	Malte innovative con fibre di origine naturale per il rinforzo delle strutture tramite TRC Margherita Pauletta, Giada Frappa	p. 92
	Componenti strutturali in legno per ridurre l'impronta ambientale delle costruzioni: analisi di applicazioni in LVL e multistrato Elisa Zatta, Martino Dereani	p. 104
	Architettura rice-based: dalla filiera risicola ai materiali e prodotti per l'edilizia Rosaria Revellini, Valeria Tatano	p. 120
	Materiali a cambiamento di fase: proprietà e applicazioni in edilizia Giuseppe Emmi	p. 134
	Conclusioni Valeria Tatano	p. 148

Autori	Elisa Zatta Rosaria Revellini
Affiliazione	Università Iuav di Venezia



L'elemento, la tecnica, il metodo o il sistema introdotto per rinnovare in termini di efficacia o efficienza uno status quo non è necessariamente di recente scoperta o invenzione, né legato ad avanzamenti tecnologici o digitali. Sono gli effetti di questa introduzione a restituire un modo di operare nuovo, e non solo perché diverso dal precedente. In tale prospettiva vanno considerati anche i “New Materials” qui illustrati: essi non vanno intesi quali materiali in loro stessi, anche se alcuni dei temi approfonditi scendono alla scala del singolo prodotto e delle sostanze di cui è costituito, ma di materiali a disposizione “per” operare una transizione.

Circolare e *low-carbon*: soluzioni progettuali e costruttive per il territorio del Nord-Est

SUPPORTARE LA TRANSIZIONE AGENDO ALLA PICCOLA SCALA

Le attività di ricerca raccolte in questo volume si collocano nel complesso quadro interdisciplinare dell'Ecosistema della ricerca iNEST (Interconnected Nord-Est Ecosystem) e, più in particolare, dello Spoke 4 "Città, architettura e design sostenibile". Durante il secondo anno di progetto (Milestone 3), il gruppo di lavoro – che coinvolge nel complesso sei enti tra Università e Centri di Ricerca – ha sviluppato in parallelo tematiche di ordini molto differenti, declinando il concetto di sostenibilità di volta in volta alla scala territoriale, urbana, edilizia e, non da ultimo, sociale. Durante il percorso, quello stesso concetto, insito nella denominazione dello Spoke, si è inevitabilmente confrontato con i molteplici significati che il termine può assumere per il territorio oggetto della ricerca, il Nord-Est italiano. Dalle reti ecologiche, energetiche e della mobilità alla conservazione del patrimonio tutelato, dall'interazione tra gli individui e l'ambiente costruito e naturale agli elementi per costruire un piano strategico sinergico, le diverse attività di ricerca hanno scovato vulnerabilità e criticità del territorio e proposto strumenti per accompagnare la transizione del Nord-Est verso un futuro di maggiore resilienza. L'approccio adottato ha considerato l'ambiente non solo come contesto fragile sul quale, e per il quale, intervenire, ma come luogo di vita delle comunità in cui è necessario favorire il benessere delle persone sotto molteplici aspetti, considerando soprattutto l'incidenza presente e futura degli effetti del cambiamento climatico.

In questa cornice multi-dimensionale, volta a favorire simultaneamente mitigazione e adattamento, l'attività di ricerca *New Materials* ha occupato la scala del dettaglio, quella della tec-

nologia costruttiva, dell'elemento edilizio e del materiale da costruzione.

Quando si fa menzione della transizione di un territorio, il concetto viene comunemente associato al tema energetico e, in particolare, al progressivo passaggio alle fonti rinnovabili. La diffusione di questi sistemi di produzione dell'energia propone un cambio di paradigma fisico e culturale, una tendenza alla decentralizzazione che riguarda sia la collocazione nel territorio di queste fonti – da pochi e considerevoli strutture a una molteplicità di piccoli impianti – sia il riconoscimento di una nuova responsabilità, comunitaria e attiva, per la quale i singoli individui da disattenti consumatori divengono consapevoli *prosumers*.

Seppur non egualmente percepibili (e percepite), le scelte costruttive e materiali che vengono operate nel progettare l'ambiente costruito possono contribuire in modo determinante alla transizione del Nord-Est verso la neutralità climatica, affiancando le strategie legate a un approvvigionamento energetico più "pulito".

Ciò emerge in modo chiaro se si considerano le caratteristiche proprie del territorio oggetto dell'indagine. La natura diffusa e policentrica degli insediamenti che lo caratterizzano, insieme all'importanza del settore edile a livello economico, determina la rilevanza dei singoli interventi progettuali, siano essi di demolizione, nuova costruzione o riqualificazione: operazioni sì puntuali, ma pervasive e incessanti, che viste nel loro complesso assumono proporzioni notevoli. Ciascuno di questi interventi, considerato in ottica di ciclo di vita dell'edificio, dialoga con significativi impatti "nascosti" (Politi e Antonini, 2017) e allocati al di fuori della fase d'uso della costruzione, ma non per questo di entità trascurabile. L'estrazione delle risorse, la loro lavorazione, il trasporto e la gestione del fine vita di ciò che costruisce

e costituisce in modo fisico un fabbricato rappresentano un sistema interrelato di processi che richiede, analogamente alla dimensione energetica, progettualità capaci di individuare e promuovere strategie di mitigazione e adattamento per il Nord-Est. Attraverso un approccio che muove dal singolo materiale, elemento o tecnica, è possibile ricostruire nuovi modelli per le filiere esistenti, a supporto di una transizione che «non può che partire dal mondo così come esso è oggi, in tutta la sua profonda, irreversibile artificialità» (Manzini, 1990, p. 8).

PERIMETRO E OBIETTIVI DELLA RICERCA

Il programma di ricerca ha definito in modo preciso gli obiettivi e il perimetro relativo al tema *New Materials*.

L'attività si è collocata sul solco della ricerca condotta l'anno precedente (Milestone 2) dal medesimo gruppo di lavoro, composto da docenti e ricercatori delle Università Iuav di Venezia, di Udine e di Trieste. Esito di questa prima fase d'indagine è stata l'identificazione di un *set* di metodologie e tecnologie innovative in grado di favorire la transizione sostenibile delle costruzioni e del settore edilizio del Nord-Est. Le soluzioni individuate, definite ed esaminate nel loro potenziale contributo relativo allo specifico territorio, operano a scala edilizia e urbana, costituendo strumenti per affrontare la transizione energetica, le sfide ambientali e l'adattamento al cambiamento climatico anche attraverso l'impiego di tecnologie digitali (Zatta *et al.*, 2023). In linea con le caratteristiche del patrimonio edilizio del Nord-Est, il contributo di queste tecnologie e metodologie è stato esaminato nella loro applicazione sia al costruito esistente che a quello di nuova edificazione.

A partire dagli esiti intermedi descritti, il programma di ricerca di *New Materials* ha richiesto di approfondire in modo più definito e orientato al contesto i benefici derivanti dall'uso di alcune delle soluzioni, compiendo il necessario passaggio da un approccio analitico e teorico alla proposta di modelli applicativi. Per tracciare tale perimetro, il contributo alla neutralità climatica di alcune delle soluzioni individuate è stato ulteriormente validato considerando tre specifici criteri. In particolare, i materiali e le tecniche – progettuali, esecutive e costruttive – avrebbero dovuto dimostrare:

- di essere basati sui principi dell'economia circolare e, in generale, della progettazione sostenibile;

- di contribuire, in modo diretto o indiretto, all'efficienza energetica degli edifici;
- di supportare la riduzione dell'impronta di carbonio del settore delle costruzioni.

Questi tre criteri hanno rappresentato una fondamentale guida per le indagini condotte, vedendo tuttavia diverse interpretazioni in base al tema di volta in volta affrontato dalle attività.

I principi della circolarità possono riguardare fasi diverse del ciclo di vita per i diversi materiali o elementi esaminati, specifiche modalità di messa in opera degli stessi all'interno di sistemi costruttivi, o volontà di creare sinergie con altri settori produttivi attraverso il riuso di scarti. L'efficienza energetica degli edifici è indubbiamente legata a una riduzione della domanda durante la fase d'uso, ma può anche riguardare l'energia e il carbonio incorporati andando a operare strategie di sostituzione materiale, di riprogettazione in termini di uso efficiente delle risorse, di prolungamento della vita utile di un prodotto. Analogamente, la riduzione dell'impronta ambientale nelle costruzioni può (fortunatamente) essere perseguita agendo su molteplici nodi della filiera: riducendo le distanze di trasporto, agevolando i processi circolari, sostituendo una risorsa non rinnovabile con una rinnovabile, riducendo la quantità di materie prime prelevate dall'ambiente.

Le diverse accezioni assunte dai tre criteri sono fortemente dipese dal perimetro geografico di riferimento. Come nella precedente attività di ricerca, lo specifico contesto del Nord-Est – geografico, climatico, produttivo, insediativo, costruttivo, ma anche caratterizzato da fragilità e rischi precisi – ha indirizzato le traiettorie di indagine verso soluzioni che potessero favorire una transizione sostenibile del territorio coerente con lo stesso e introducendo aspetti innovativi.

MATERIALI “NUOVI”?

L'attività di ricerca ha dunque preso avvio dalla selezione di alcune delle soluzioni individuate nel corso della Milestone 2, operata in base alla loro efficacia complessiva, al nuovo perimetro di indagine e al necessario risvolto applicativo. Attraverso questo processo sono state definite sette diverse tematiche di seguito riportate:

- *Design for Disassembly, Design for Adaptability, Design for Change;*
- Riuso dei materiali ed elementi edilizi;
- Calcestruzzo riciclato con elevate percentuali di aggregato riciclato;

- Calcestruzzo fibrorinforzato con fibre di origine naturale;
- Strutture in legno ingegnerizzato;
- Materiali bio-based;
- Materiali a cambiamento di fase.

Per ciascuna delle traiettorie di ricerca è stato ampliato lo stato dell'arte già indagato, con particolare attenzione ai risvolti in ottica dei tre criteri (circularità, efficienza energetica, riduzione impronta di carbonio), per procedere poi a un'analisi di carattere applicativo condotta anche attraverso lo studio di casi reali e l'effettuazione di test. Di volta in volta, il metodo adottato è dipeso dalla specifica tematica e dagli obiettivi specifici emersi.

Secondo il Dizionario Treccani, l'innovazione è definita quale «l'atto, l'opera di innovare, cioè di introdurre nuovi sistemi, nuovi ordinamenti, nuovi metodi di produzione e simili» oppure «in senso concreto, ogni novità, mutamento, trasformazione che modifichi radicalmente o provochi comunque un efficace svecchiamento in un ordinamento politico o sociale, in un metodo di produzione, in una tecnica»¹. Da queste definizioni emerge come l'elemento, la tecnica, il metodo o il sistema introdotto per rinnovare in termini di efficacia o efficienza uno *status quo* non sia necessariamente di recente scoperta o invenzione, né legato ad avanzamenti tecnologici o digitali. Sono gli effetti di questa introduzione a restituire un modo di operare nuovo, non solo perché diverso dal precedente, ma soprattutto perché più in linea con le esigenze e gli obiettivi che, cambiando nel tempo, hanno reso necessaria la mutazione apportata.

In tale prospettiva vanno considerati anche i *New Materials* qui illustrati come esperienze di ricerca – e, in virtù dei potenziali effetti, di innovazione. Essi non vanno intesi quali materiali in loro stessi, anche se alcuni dei temi approfonditi scendono alla scala del singolo prodotto e delle sostanze di cui è costituito, ma di materiali a disposizione “per” operare una transizione: un insieme di strumenti dai quali attingere per costruire l'intuizione progettuale, con la quale «molte trasposizioni tecnologiche, che dovevano essere semplicemente l'applicazione meccanica di un procedimento a un altro campo, diventano illuminanti» (Sennett, 2017, p. 202).

TRAIETTORIE DI INNOVAZIONE

La natura fortemente interdisciplinare del gruppo di lavoro² ha permesso di affrontare argomen-

ti diversi e apparentemente distanti tra loro, ma tutti legati alla scala del materiale o dell'elemento edilizio. Alla base del percorso c'è infatti la consapevolezza che affrontare un progetto a livello del dettaglio costruttivo è fondamentale per cercare soluzioni sostenibili i cui benefici si estendono poi all'intero edificio o a dinamiche di tipo urbano, in particolare con gli obiettivi di favorire la circolarità, la gestione efficiente delle risorse (sia materiali che energetiche) e contribuire a ridurre l'impronta ecologica della filiera.

Il costruito esistente rappresenta un ambito di intervento prioritario e delicato, nel quale è necessario rispettare istanze di efficientamento e conservazione, di sostenibilità economica e sociale, nonché di inclusione. La prima traiettoria di ricerca si concentra sui temi dell'adattabilità dei fabbricati e degli spazi interni, della possibilità di garantire una flessibilità distributiva in relazione alle esigenze degli utenti e del loro mutare nel tempo, di mettere in atto approcci progettuali che consentano il disassemblaggio degli elementi tecnici. In tal modo, non solo si intensifica l'uso di una risorsa già costruita attraverso il suo efficientamento spaziale ed energetico, ma si agevola l'implementazione di questi cambiamenti riducendo al contempo i rifiuti da costruzione e demolizione. Questi ultimi rappresentano un volume in costante crescita nel territorio comunitario come in quello del Nord-Est, richiedendo la messa in atto urgente di processi volti a massimizzare il recupero delle risorse materiali minimizzando gli input energetici, i trasporti e i passaggi nella filiera. La seconda traiettoria di ricerca affronta il reimpiego di prodotti e componenti come strategia che permette di valorizzare gli elementi che presentano ancora adeguata prestazione residua e possibilità di assolvere la funzione in un nuovo sistema costruttivo, attivando cicli virtuosi nel perimetro urbano.

Ove il contenuto e le caratteristiche del flusso materiale derivante dalle attività edilizie non consentissero impieghi più efficienti in ottica circolare, le operazioni di riciclaggio permettono di reimpiegare queste risorse a seguito di frantumazione. Nonostante la normativa attuale stia favorendo tali processi, la terza traiettoria di ricerca mostra come l'aumento delle percentuali ammesse dei diversi tipi di aggregato riciclato potrebbe ampliare in modo notevole il campo di applicazione di quest'ultimo, migliorando la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione nonché limitando il prelievo di risorse naturali non rinnovabili e gli impatti sul paesaggio causati dalle attività estrattive.

Il calcestruzzo rappresenta un materiale fondamentale nelle operazioni di messa in sicurezza di edifici esistenti e vulnerabili a più rischi, soprattutto grazie all'impiego di fibre disperse nella matrice che aumentano in modo notevole la resistenza meccanica del materiale. La quarta traiettoria di ricerca si concentra su queste ultime, esplorando alternative naturali per le fibre in malte di rinforzo strutturale e testandone l'efficacia in comparazione con i materiali più comunemente usati, proponendo una soluzione per interventi di consolidamento e conservazione del costruito esistente così da prolungarne l'uso nel tempo e in sicurezza.

Le alternative rinnovabili ai materiali convenzionalmente impiegati per le costruzioni permettono di limitare il prelievo di risorse naturali a quelle con un tasso di rigenerazione più favorevole, ma in alcuni casi, come quello delle componenti strutturali degli edifici, non sufficiente. La quinta traiettoria di ricerca approfondisce dei sistemi in legno ingegnerizzato ancora poco diffusi nel panorama italiano e del Nord-Est, allo scopo di coniugare il potenziale di rinnovo della risorsa e l'impiego di sistemi costruttivi circolari a una riduzione della domanda in termini di quantità e a una maggiore flessibilità applicativa.

I materiali *bio-based* rappresentano un tema di elevato interesse anche nell'ambito degli interventi sull'involucro edilizio, spesso però non considerando la distanza di approvvigionamento o la disponibilità a lungo termine della risorsa, contesa tra più mercati. La sesta traiettoria di ricerca individua del potenziale nel recupero degli scarti agricoli derivanti da colture compatibili con il territorio, esplorando i diversi componenti ed elementi nei quali possono essere impiegati per migliorare il comfort indoor attivando al contempo sinergie virtuose tra più settori economici e promuovendo una filiera locale.

Infine, nel quadro della progettazione sostenibile, i sistemi impiantistici sono convenzionalmente considerati come strumento comple-

mentare alle scelte materiali o tecnologiche e i due aspetti vengono valutati come contributi separati. La settima traiettoria di ricerca esamina l'azione congiunta di questi due aspetti, approfondendo i benefici consentiti dall'integrazione dei materiali a cambiamento di fase sia nell'involucro edilizio che negli impianti di riscaldamento e raffreddamento. Queste soluzioni permettono di ridurre notevolmente la domanda di energia durante la fase d'uso del fabbricato, anche attraverso sistemi di accumulo termico, migliorando il comfort indoor e riducendo le emissioni legate alla climatizzazione dell'edificio.

RIFLESSIONI CONCLUSIVE

Il percorso restituito in questo volume dimostra come la sostenibilità del costruito esistente e futuro possa essere supportata da una molteplicità di scelte che, pur operando alla scala tecnologica o edilizia, consentono al progettista di contribuire in modo significativo alla riduzione degli impatti ambientali della filiera e del settore. Il singolo "materiale" a disposizione diviene risorsa: dal fabbricato che non viene demolito ma riqualificato alle macerie riciclate, dalle produzioni locali e rinnovabili agli elementi recuperati e reimpiegati, fino alle alternative innovative o di origine naturale per migliorare specifiche prestazioni di un edificio. Elemento comune che emerge dai diversi studi restituiti nelle pagine che seguono è altresì la necessità di una continua ricerca sperimentale, necessaria non solo per la verifica e la validazione delle prestazioni del materiale stesso, ma anche per favorirne l'immissione sul mercato delle costruzioni, aumentando la consapevolezza delle diverse opportunità esistenti.

Le soluzioni descritte dimostrano un approccio consapevole del contesto geografico e climatico, ma anche produttivo ed economico, elemento imprescindibile per costruire strategie progettuali efficaci a supporto della transizione di un territorio verso la neutralità climatica.

Riferimenti bibliografici

- Manzini, E. (1990) *Artefatti: verso una nuova ecologia dell'ambiente artificiale*. Milano: Domus Academy.
- Politi, S., Antonini, E. (2017) 'Buildings hidden energy and environmental consequences', in *Sustainable Mediterranean Construction*, 6, pp. 19-23.
- Sennett, R. (2017) *L'uomo artigiano*. Milano: Feltrinelli.
- Zatta, E., Condotta, M., Revellini, R., Tatano, V. (2023) 'Delivering Sustainability in the Italian N-E Built Environment and Construction Sector: A Conceptual Research Framework', in *Buildings*, 13. Disponibile su: <https://dx.doi.org/10.3390/buildings13122920>.

Note

- 1** Si veda la voce "innovazione" sul vocabolario Treccani online: <https://www.treccani.it/vocabolario/innovazione/> (ultimo accesso: 30 maggio 2025).
- 2** I settori disciplinari coinvolti riguardano: Progettazione tecnologica e ambientale dell'architettura (CEAR-08/C), Composizione architettonica e urbana (CEAR-09/A), Architettura tecnica (CEAR-08/A), Tecnica delle costruzioni (CEAR-07/A) e Fisica tecnica ambientale (IIND-07/B).