

---

# Verso la neutralità climatica: progettare una transizione sostenibile ed equa

---

Primo volume  
dello Spoke 4  
Città, Architettura e  
Design Sostenibile



---

# Verso la neutralità climatica: progettare una transizione sostenibile ed equa

---

Primo volume  
dello Spoke 4  
Città, Architettura e  
Design Sostenibile

# 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.

## Verso la neutralità climatica: progettare una transizione sostenibile ed equa

### a cura di

Mattia Bertin  
Susanna Piscicella  
Rosaria Revellini  
Daniela Ruggeri  
Chiara Semenzin  
Linda Zardo  
Elisa Zatta

### ISBN (cartaceo)

979-12-5953-126-1

### ISBN (digitale)

979-12-5953-192-6

### DOI

10.57623/979-12-5953-192-6



Il presente volume è pubblicato in modalità Open Access Gold. Il file è scaricabile dalla piattaforma Anteferma Open Books [www.anteferma.it/aob/](http://www.anteferma.it/aob/)

### editore

Anteferma Edizioni  
via Asolo 12, Conegliano, TV  
[edizioni@anteferma.it](mailto: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)

### Nota per le attribuzioni:

Questo volume è frutto della collaborazione tra docenti e ricercatori di iNEST Spoke 4. Sebbene i capitoli introduttivi debbano essere intesi come collettanei, per la loro redazione sono stati invitati a collaborare gli studiosi che in questi anni hanno fatto parte del raggruppamento iNEST Spoke 4 - Iuav, che hanno altresì discusso, rivisto e condiviso ogni parte del libro. Per chiarezza e completezza, i differenti contributi sono stati segnalati accanto al titolo con la sigla derivata dal nome e cognome degli autori che hanno partecipato alla stesura dei testi.

### Hanno partecipato alla stesura dei capitoli introduttivi:

Lorenzo Bellicini (L.B.), Mattia Bertin (M.B.), Massimiliano Condotta (M.C.), Lorenzo Fabian (L.F.), Marco Marino (M.M.), Laura Miola (L.M.), Susanna Piscicella (S.P.), Rosaria Revellini (R.R.), Daniela Ruggeri (D.R.), Chiara Semenzin (C.S.), Antonella Stempertini (A.S.), Linda Zardo (L.Z.), Elisa Zatta (E.Z.).

---

## GRUPPO DI LAVORO

### Attività di ricerca:

#### Università Iuav di Venezia (Spoke leader)

Lorenzo Fabian (coordinatore), Maddalena Bassani, Matteo Basso, Mattia Bertin, Massimiliano Condotta, Davide Crippa, Sara Di Resta, Jacopo Galli, Andrea Iorio, Giovanna Marconi, Marco Marino, Micol Roversi Monaco, Stefano Munarin, Elena Ostanel, Susanna Pisciella, Rosaria Revellini, Daniela Ruggeri, Chiara Semenzin, Massimiliano Scarpa, Valeria Tatano, Linda Zardo, Elisa Zatta, Anna Saetta, Ilaria Visentin.

#### Università degli Studi di Padova

Luciano Gamberini (coordinatore), Alice Bettelli, Jacopo Bonetto, Guido Furlan, Andrea Giordano, Gianmario Guidarelli, Claudia Marino, Marialuisa Menegatto, Laura Miola, Greta Montanari, Francesca Pazzaglia, Elena Svalduz, Alessio Vieno, Adriano Zamperini.

#### Università degli Studi di Trieste

Elena Marchigiani (coordinatrice), Sara Basso, Thomas Bisiani, Ludovico Centis, Paola Cigalotto, Matteo D'Ambros, Ilaria Garofolo, Gianfranco Guaragna, Paola Limoncin, Giuseppina Scavuzzo, Carlo Antonio Stival.

### Attività trasversali:

#### Università Iuav di Venezia

Ileana Ippolito (coordinatrice).

**CC0 Identità visiva consorzio iNEST:** Alberto Bassi, Giulia Ciliberto, Pietro Costa (coordinatori), Luca Coppola, Giacomo Dal Prà.

**CC1 Iuav start-ups e spin-offs:** Lorenzo Fabian (coordinatore), Alberto Bassi, Massimo Rossetti, Serena Ruffato.

**CC2 Iuav Lab Village:** Davide Crippa (coordinatore), Daniela D'Avanzo, Giovanni Marras, Fabio Peron.

#### Università degli Studi di Udine

Alberto Sdegno (coordinatore), Alessandra Biasi, Alberto Cervesato, Giovanni Comi, Vincenzo D'Abramo, Anna Frangipane, Giada Frappa, Giulia Fini, Giovanni La Varra, Margherita Pauletta, Claudia Pirina, Isabella Zamboni.

#### CRESME – Centro Ricerche Economiche Sociologiche e di Mercato nell'Edilizia

Lorenzo Bellicini (coordinatore), Sandro Baldazzi, Enrico Campanelli, Paolo D'Alessandris, Alessandra Santangelo, Antonella Stemperini, Francesco Toso.

#### CORILA – Consorzio per il coordinamento delle ricerche inerenti al sistema lagunare di Venezia

Pierpaolo Campostrini (coordinatore), Francesca Coccon, Caterina Dabalà, Chiara Dall'Angelo, Barbara Giuponi, Alessandro Meggiato, Enrico Rinaldi, Andrea Rosina.

**CC3 Iuav Citizen Engagement:** Elena Ostanel (coordinatrice), Maddalena Bassani, Stefania Marini, Stefano Munarin.

**CC4 Iuav Education:** Massimiliano Condotta (coordinatore), Giuseppe D'Acunto, Angelo Maggi, Caterina Mazzetto, Fabio Peron.

# Indice

---

	Introduzione Lorenzo Fabian	p. 10
CAPITOLO 1	Verso la neutralità. Lo stato delle reti del Nord-Est a cura di Mattia Bertin e Lorenzo Fabian	p. 21
	Provvisorio e permanente. La pianificazione dell'edilizia temporanea emergenziale Eugenia Vincenti, Mattia Bertin	p. 62
	Acque, clima e progetto di territorio Paola Cigalotto, Elena Marchigiani	p. 66
	Progetto negativo. La selezione delle permanenze per una transizione a Nord-Est Mattia Bertin	p. 74
	Reti ambientali nel progetto urbanistico del territorio che cambia Paola Cigalotto, Matteo D'Ambros	p. 78
	Il Nord-Est, laboratorio di sperimentazione per la transizione energetica Ilaria Visentin	p. 84
CAPITOLO 2	Il ruolo del settore delle costruzioni nell'economia del territorio del Nord-Est nell'attuale fase di transizione a cura di Lorenzo Bellicini e Antonella Stemperini	p. 89
	Il progetto come driver dell'innovazione. Caratteri dell'offerta nel mercato della progettazione in Friuli-Venezia Giulia e indirizzi strategici Thomas Bisiani	p. 104
	Criticità della catena circolare delle costruzioni in Friuli-Venezia Giulia: un dialogo con ANCE-FVG Anna Frangipane	p. 108

---

---

CAPITOLO 3	Soluzioni innovative per l'ambiente costruito: affrontare le sfide globali alla scala edilizia a cura di Elisa Zatta, Rosaria Revellini e Massimiliano Condotta	p. 113
	De-pavimentare i suoli impermeabilizzati Valeria Tatano	p. 136
	Strategie per l'invarianza climatica. La valutazione di convenienza economica di Nature-based solutions per il contesto urbano Carlo Antonio Stival	p. 140
	Rinforzo sismico di edifici esistenti mediante telai controventati esterni in acciaio Giada Frappa, Margherita Pauletta	p. 144
	Valutare la resilienza del patrimonio storico-architettonico del Nord-Est: approcci basati sul rischio per la cura e la conservazione Isabella Zamboni	p. 148
	Cambiamento climatico, sostenibilità, conservazione programmata del patrimonio costruito del Nord-Est. Nuove tecnologie e antiche fragilità Alessandra Biasi	p. 152
	Trasformare l'esistente per abitare tutta la vita. Adattamento e flessibilità come caratteri dell'anima digitale dell'edificio Paola Limoncin, Thomas Bisiani, Gianfranco Guaragna, Carlo Antonio Stival	p. 156
	Strategie per una nuova sostenibilità architettonica e urbana: assemblaggio, dis-assemblaggio e rinaturalizzazione Claudia Pirina, Anna Frangipane, Giovanni Comi, Vincenzo d'Abramo	p. 162
	Il comparto del vetro nel Nord-Est tra tradizione e nuove sfide Rosaria Revellini	p. 168

Nature-based solutions e bio-based materials per il recupero edilizio Massimiliano Condotta, Martina Bortolotti	p. 172
Strutture in legno ingegnerizzato: potenzialità e traiettorie di ricerca nel quadro della neutralità climatica Elisa Zatta	p. 178
Le nuove tecnologie digitali per l'architettura: dal Building Information Modeling alla virtualizzazione Alberto Sdegno	p. 182
Presidi d'alta quota come sentinelle climatiche Massimiliano Condotta, Elisa Bernard	p. 186

---

<b>CAPITOLO 4</b>	<b>Scenari per la sostenibilità del paesaggio costruito</b> a cura di Susanna Piscicella, Chiara Semenzin e Lorenzo Fabian	p. 193
	Chi cattura il carbonio? Analisi sull'assorbimento di carbonio e sul potenziale delle infrastrutture verdi Chiara Semenzin, Linda Zardo	p. 218
	I territori di bonifica meccanica alla prova della neutralità climatica Camilla Cangioti	p. 224
	Transizione energetica e paesaggio Micol Roversi Monaco	p. 228
	Nuovi paesaggi dell'energia. Il ruolo in potenza dei luoghi della produzione del Nord-Est: tra aree produttive, terreni agricoli e spazi acquei Claudia Pirina, Giovanni Comi, Vincenzo d'Abramo	p. 232
	A tutto fotovoltaico: prove di produzione elettrica rinnovabile diffusa Chiara Semenzin, Linda Zardo	p. 238
	Hortus conclusus: modalità antiche di abitare la de-carbonizzazione e la neutralità climatica nella residenza Susanna Piscicella, Alioscia Mozzato	p. 244

---

---

CAPITOLO 5	Progetti pilota per il Nord-Est a cura di Daniela Ruggeri e Lorenzo Fabian	p. 249
	Venezia, una storia millenaria per un progetto proattivo Marco Marino	p. 268
	Venezia, nuova geografia e metafora planetaria Ludovico Centis	p. 272
	Piave: tracce del passato a confronto. Verso una transizione energetica futura Daniela Ruggeri	p. 276
	Il futuro del paesaggio idroelettrico tra ecologia e infrastruttura nel bacino idrografico del Piave Matteo Vianello	p. 280
	La Bassa Pianura Friulana come macchina idraulica: paradossi e opportunità Matteo D'Ambros	p. 284
	Sguardi sul progetto di cura e manutenzione del paesaggio nelle Valli del Natisone Alberto Cervesato	p. 288
	Dolomiti friulane: innesti progettuali per riconnettere un patrimonio fragile Alberto Cervesato	p. 292
	Progettare la neutralità in un approccio OOU. La ZIP di Padova Mattia Bertin, Eugenia Vincenti	p. 296
	Rigenerare l'Arcella a Padova: elementi per un caso studio Flavia Albanese, Giovanna Marconi	p. 300
	Uomo e ambiente ad Aquileia: reattività urbana e cambiamenti ambientali in età romana Guido Furlan, Jacopo Bonetto	p. 304
	Analisi delle tracce storiche per comprendere l'interazione tra ambiente naturale e costruito a Piazzola sul Brenta Greta Montanari, Andrea Giordano, Gianmario Guidarelli, Elena Svalduz	p. 310

L'architettura come strumento di apprendimento, la città come laboratorio. Progettare a Gorizia attraverso il recupero e la rigenerazione urbana  
Gianfranco Guaragna p. 316

---

CAPITOLO 6	Interazione uomo-ambiente a cura di Linda Zardo	p. 321
	Costellazioni di luoghi inclusivi. Per un sistema diffuso di presidi contro l'abilismo Giuseppina Scavuzzo	p. 330
	Dare forma a spazi che abbracciano la diversità: progettare per un mondo che invecchia Paola Limoncin	p. 334
	Qualità urbana, rigeneratività ambientale e soddisfazione residenziale nel Nord-Est Italia Laura Miola	p. 338
	Quartieri in stato di bisogno: quali contesti, quali strumenti, quali apprendimenti Matteo Basso, Elena Ostanel	p. 342
	Le Comunità Energetiche: verso una nuova forma di interazione persona-ambiente? Marialuisa Menegatto, Adriano Zamperini	p. 348
	Spazi pubblici age-friendly per la costruzione di un territorio inclusivo Rosaria Revellini	p. 354

---

CAPITOLO 7	Attività trasversali e bandi a cascata	p. 359
CC0	Il progetto d'identità visiva per gli ecosistemi dell'innovazione: il caso di iNEST Giulia Ciliberto, Pietro Costa	p. 360
CC1	Dall'aula all'impresa. Il ruolo di Start.Hub luav nella formazione di Startup innovative Andrea Fantin, Ileana Ippolito, Serena Ruffato	p. 364
CC2	Lab Village. Il luogo dell'innovazione Daniela D'Avanzo, Davide Crippa	p. 368

CC3	Iniziative di citizen engagement per un'infrastruttura stabile tra università e territori Maddalena Bassani, Stefania Marini, Stefano Munarin, Elena Ostanel	p. 372
CC4	Educazione e formazione continua: anticipare i bisogni del futuro Caterina Mazzetto, Massimiliano Condotta	p. 376

---

BC1	Sostenibilità Ambientale per l'Innovazione Agricola – SAIA Thetis spa	p. 380
BC2	NONSIBUTTAVIANIENTE: less material, more intelligence Decormarmi Srl	p. 382
BC3	EKONYA – Design in calcestruzzi filtranti per la rigenerazione urbana Bellitalia Srl	p. 384
BC4	SLIM – Sea Level Impact Modeler Digital Strategy Innovation Srl	p. 386
BC5	Monitoraggio 4.0: implementazione di un modello operativo per la conservazione programmata del patrimonio storico-architettonico in ambiente complesso Co. New Tech. Srl	p. 388
BC6	Soluzioni digitali interoperabili per supportare la transizione ecologica e digitale finalizzata al monitoraggio delle performance ambientali dell'edilizia in fase di progettazione, realizzazione e gestione Cadline Software Srl	p. 390
BC7	Construction Agile 5.0 Caltran Giovanni Battista Srl	p. 392
BC8	GIMAU – Geoworks Impact MApping for Urban activities Jakala Civitas Spa	p. 394
BC9	Giardino di Brenta Società Cooperativa Sociale Luoghi Comuni	p. 396

# Capitolo 3

GRUPPO DI LAVORO	Coordinatori	Massimiliano Condotta Alberto Sdegno
	Università luav di Venezia	Massimiliano Condotta Micol Roversi Monaco Rosaria Revellini Massimiliano Scarpa Valeria Tatano Elisa Zatta
	Università degli Studi di Trieste	Thomas Bisiani Ilaria Garofolo Gianfranco Guaragna Paola Limoncin Giuseppina Scavuzzo Carlo Antonio Stival
	Università degli Studi di Udine	Alessandra Biasi Alberto Cervesato Giovanni Comi Vincenzo D'Abramo Anna Frangipane Giada Frappa Giovanni La Varra Margherita Pauletta Claudia Pirina Alberto Sdegno Isabella Zamboni
	CORILA	Pierpaolo Campostrini Enrico Rinaldi
	CRESME	Lorenzo Bellicini Sandro Baldazzi Enrico Campanelli Paolo D'Alessandris Alessandra Santangelo Antonella Stemperini Francesco Toso

# Soluzioni innovative per l'ambiente costruito: affrontare le sfide globali alla scala edilizia

---

a cura di

Elisa Zatta  
Rosaria Revellini  
Massimiliano Condotta

---

elaborazioni grafiche di

Rosaria Revellini  
Elisa Zatta

---

Autori E.Z., R.R. e M.C.

---

Affiliazione Università Iuav di Venezia



Queste tecnologie e metodologie, come espresso dai contributi, sono trasversali non solo in termini di ambiti di studio, ma anche di scala di applicazione e di potenziali obiettivi nei termini di stock edilizio.

# Soluzioni innovative per l'ambiente costruito: affrontare le sfide globali alla scala edilizia

L'identificazione di tecnologie e metodologie operative a sostegno della progettazione sostenibile di edifici e città deve confrontarsi con quattro aree tematiche che sono prioritarie in ottica di innovazione. Esse rappresentano i principali driver della transizione verso sistemi urbani sostenibili e resilienti, ma, al contempo, si pongono come sfide da affrontare con urgenza per favorire l'evoluzione del settore delle costruzioni e del costruito: (i) transizione energetica; (ii) sfide legate alle vulnerabilità ambientali; (iii) adattamento ai cambiamenti climatici; (iv) digitalizzazione. In tal senso, la ricerca di soluzioni efficaci e il relativo grado di impatto sulla filiera e sulla prassi architettonica e costruttiva, che a loro volta si riflettono in forma multiscale sull'ambiente costruito, dall'edificio al territorio, richiede un costante confronto con questi ambiti, a partire dal significato che essi assumono in relazione allo specifico contesto. Si è quindi reso necessario, in primo luogo, chiarire quale sia il modo in cui le quattro sfide identificate interagiscano con il costruito, gli insediamenti, i processi produttivi e costruttivi, per restituire una cornice teorica e tecnica in relazione alla quale costruire la metodologia di indagine.

## QUATTRO SFIDE PER L'AMBIENTE COSTRUITO E IL SETTORE EDILIZIO

### Transizione energetica nel contesto delle normative europee

Definire la "transizione energetica" (*energy transition*, ET) richiede di identificare: (i) i risultati che da questa sono attesi; (ii) il contesto più ampio in cui è inserita; (iii) gli strumenti con cui è possibile metterla in atto e (iv) le ricadute più ampie.

In relazione agli esiti previsti (i), la transizione energetica si basa sull'energia pulita e per sviluppare «la graduale transizione dai combusti-

bili fossili verso un'economia neutra in termini di emissioni di carbonio» coinvolgendo tutti i livelli dell'economia – dalla generazione di energia fino alle abitazioni degli utenti finali e mirando a un sistema di distribuzione più sicuro, competitivo e sostenibile per affrontare la più sostanziale sfida del nostro tempo – il cambiamento climatico (EC, 2019a, p. 1). In tal senso, la decarbonizzazione rappresenta un obiettivo globale, condiviso da UNEP (2023) e dall'Ottavo Programma Ambientale Europeo (EP, 2022).

In relazione al contesto (ii), essa è strettamente legata all'implementazione del Green Deal europeo. Al suo interno, la transizione verso l'energia pulita è fondamentale per via del bisogno di ripensare politiche a supporto della fornitura di tale energia attraverso l'economia, l'industria, la produzione e il consumo, i sistemi di tassazione e i benefici sociali (EC, 2019b).

A vari strumenti (iii) è affidato un ruolo essenziale: le fonti di energia rinnovabile (EC, 2019b); la loro integrazione intelligente con azioni di efficientamento energetico e altre soluzioni sostenibili, tra cui i gas decarbonizzati (2019b); l'idrogeno rinnovabile, dunque verde, prodotto grazie all'energia eolica e solare (EC, 2020a); le tecnologie e infrastrutture innovative (*smart grids*, reti di idrogeno, cattura, stoccaggio e utilizzo di carbonio, stoccaggio di energia) (EC, 2019b); la diffusione geografica dei sistemi di produzione e distribuzione delle rinnovabili (EC, 2020b). Tuttavia, sebbene non direttamente connesse con i sistemi di produzione di energia pulita, altre azioni possono fornire un supporto all'obiettivo della neutralità climatica, in particolare, tutti i processi che inducono una riduzione delle emissioni in confronto allo scenario *Business-As-Usual*. Tra questi si collocano (EC, 2019b): una mobilitazione verso l'economia circolare dell'industria e delle filiere più energivore

e a elevato consumo di materie prime, tra cui le costruzioni; processi di costruzione e ristrutturazione attenti all'uso efficiente di risorse materiali ed energetiche, in ottica di ciclo di vita; le strategie che preservano e rigenerano il capitale naturale, anche attraverso la bioeconomia e l'economia circolare.

Esulando dalla componente ambientale (iv), la transizione verso l'energia pulita deve essere giusta ed equa (EC, 2019c) e favorire la qualità della vita dei cittadini (EC, 2019a), con «sistemi energetici basati su fonti rinnovabili, sicuri, sostenibili ambientalmente ed economicamente [...] anche attraverso una riduzione della povertà energetica» (EP, 2021, articolo 11).

### Sfide ambientali

Le sfide di matrice ambientale (*environmental challenge*, EC) riguardano non solo l'ambiente naturale, ma anche quello costruito, la cui transizione richiede un approccio consapevole del ciclo di vita. Questa prospettiva è motivata non solo dagli impatti incorporati e operazionali di edifici e infrastrutture – che, unitamente al consumo di risorse materiali, rappresentano indubbiamente una sfida in sé – ma anche dal concetto di cura per l'ambiente costruito a tutte le scale e in tutti i suoi aspetti – dal territorio all'architettura, senza dimenticare il ruolo giocato dalla dimensione culturale.

Nel contesto della ricerca, le sfide ambientali includono sia le criticità ecologiche indotte dall'uomo che i rischi che caratterizzano lo specifico territorio del Nord-Est, come quello sismico. Considerare le sfide ambientali provocate o aggravate dall'attività antropica significa guardare alle cause dei cambiamenti climatici in prospettiva, adottando un approccio *ex-ante*, per affrontarne le future possibili conseguenze. In tal senso, l'IPCC (2022) inserisce «l'intervento umano per ridurre le emissioni o aumentare i bacini di assorbimento dei gas a effetto serra» tra le strategie di mitigazione. Al contempo, ciò esclude dal perimetro delle sfide ambientali le soluzioni o strategie che affrontano le conseguenze del cambiamento climatico da una prospettiva *ex-post*, ovvero quelle che si occupano di concetti come vulnerabilità, adattamento e resilienza (che ricadono nel contesto dell'*Adattamento ai cambiamenti climatici*).

Le attuali pressioni antropiche sull'ambiente sono radicate nello sviluppo globale che si estende nei decenni passati, nei quali la “Grande Accelerazione” dell'attività sociale ed economica ha trasformato la relazione dell'umanità con l'ambiente (EEA, 2019). L'effetto nel tempo di

queste pressioni sta attualmente contribuendo al cambiamento climatico e, sia direttamente che indirettamente, nuocendo alla salute e al benessere dell'uomo (EEA, 2019). I principali driver di questa situazione possono essere identificati nei cambiamenti nell'uso del suolo e delle aree marine, nei modelli di produzione e consumo insostenibili, e nell'inquinamento di aria, acqua e suolo (UNEP, 2022). Dunque, le sfide ambientali possono essere tradotte in una serie di obiettivi che, se raggiunti, ridurranno significativamente la esternalità antropiche attraverso «l'uso, la rigenerazione e la protezione dei servizi ecosistemici che esso fornisce» (UNEP, 2022, articolo 5). Tali obiettivi attraversano differenti aree e domini dei sistemi economici e sociali, le cui connessioni vanno riconosciute (EEA, 2019; UNEP, 2022) per determinare quali azioni intraprendere e gli strumenti necessari.

A scala globale, l'UNEP (2023) identifica due aree prioritarie nelle quali agire: (i) ambiente naturale e (ii) inquinamento. Gli obiettivi connessi sono: (i) uso e gestione sostenibili, rigenerazione, e protezione di ecosistemi, biodiversità e habitat; insieme a (ii) aria, suolo e acqua più puliti, attraverso l'adozione di modelli di produzione e consumo più sostenibili, e affrontando in particolare i prodotti tossici, le materie plastiche e la riduzione dei rifiuti. Tra gli strumenti sono evidenziati le strategie improntate all'efficienza delle risorse, i processi circolari, gli approcci ecosistemici e le soluzioni *nature-based*.

A livello comunitario, il Green Deal europeo (EC, 2019b) suddivide i temi ambientali in tre specifici obiettivi di policy (EC, 2020c): (i) inquinamento zero; (ii) biodiversità, (iii) economia circolare – la terza di questi affrontata in profondità dal secondo Piano d'Azione per l'Economia Circolare (PAEC) (EC, 2020d). Il recente Ottavo Programma Ambientale Europeo (EP, 2022) include tra gli obiettivi principali: (i) un'economia circolare, non inquinante e volta al benessere; (ii) inquinamento zero per un ambiente pulito includendo aria, acqua, suolo, inquinamento luminoso e acustico; (iii) protezione, preservazione e rigenerazione della biodiversità; (iv) riduzione delle pressioni ambientali nei seguenti settori: energia, industria, costruzioni e infrastrutture, mobilità, turismo, commercio internazionale e sistema alimentare.

Nel contesto del progetto, le azioni da intraprendere per affrontare le sfide ambientali devono essere attentamente valutate in relazione alle potenziali fragilità che distinguono le diverse aree del Nord-Est, operando in ottica di preven-

zione e riduzione dei rischi, poiché la sicurezza è condizione necessaria per il benessere di una comunità (EC, 2019b).

### **Adattamento ai cambiamenti climatici**

L'adattamento ai cambiamenti climatici (*climate change adaptation*, CCA) è definito dall'IPCC (2014, p. 76) come «il processo di adeguamento al clima attuale o previsto e ai suoi effetti». In particolare, se nei sistemi umani esso è volto a moderare o evitare danni, anche sfruttando opportunità benefiche, in alcuni sistemi naturali tale processo può essere facilitato dall'intervento umano. Secondo l'articolo 1 della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), questi ultimi sono conseguenza di «un cambiamento del clima che è attribuito direttamente o indirettamente all'attività umana che altera la composizione dell'atmosfera globale e che si aggiunge alla variabilità naturale del clima stesso osservata in periodi di tempo comparabili» (UNFCCC, articolo 1). Pertanto, l'adattamento ai cambiamenti climatici si riferisce ai cambiamenti nei processi, nelle pratiche e nelle strutture per moderare i danni potenziali o per beneficiare delle opportunità associate ai cambiamenti climatici (UNFCCC, documento online).

Il concetto di adattamento comprende le azioni intraprese per rafforzare la resilienza e ridurre la vulnerabilità alle conseguenze dei CC. Le prime mirano a rafforzare «la capacità dei sistemi sociali, economici ed ecologici interconnessi di far fronte a un evento, tendenza o disturbo pericoloso, rispondendo o riorganizzandosi in modi che mantengono la loro funzione essenziale, l'identità», mentre il secondo approccio implica «la propensione o la predisposizione a essere influenzati negativamente» da tali eventi (IPCC, 2022, p. 302).

Nel contesto europeo, diverse politiche affrontano gli obiettivi da raggiungere per far fronte agli effetti dei CC. Tra queste, il Green Deal europeo riconosce la necessità di affrontare tali effetti attraverso sforzi più forti per la protezione dagli effetti del clima, la costruzione della resilienza, la prevenzione e la preparazione, lavorando sull'adattamento anche con lo sviluppo di strumenti che integrino i cambiamenti climatici in altre pratiche di gestione del rischio (EC, 2019b) per costruire un futuro più resiliente (CE, 2021).

Occorre, dunque, intraprendere azioni a lungo termine dal momento che fermare tutte le emissioni di gas serra non impedirebbe gli impatti climatici che si stanno già verificando (approccio *ex-ante* delineato nella definizione di *Sfide*

*ambientali*). Tali azioni, e in particolare le soluzioni basate sulla natura, favoriranno l'adattamento, la mitigazione, la riduzione del rischio di catastrofi e la biodiversità, nonché una migliore comprensione delle interdipendenze tra i cambiamenti climatici, gli ecosistemi e i servizi forniti consentiranno di ridurre al minimo i rischi, migliorando la resilienza (in particolare locale), e garantendo la fornitura continua di servizi e caratteristiche vitali dell'ecosistema.

La nuova strategia dell'Unione Europea sull'adattamento ai CC definisce inoltre i benefici complessivi dell'adattamento: (i) evitare future perdite umane, naturali e materiali; (ii) generare benefici economici riducendo i rischi, aumentando la produttività e stimolando l'innovazione; e (iii) incrementare i benefici sociali, ambientali e culturali.

L'ambiente costruito e in particolare gli edifici hanno un'importanza trasversale nelle politiche climatiche europee (CE, 2023a): possono essere vulnerabili ai cambiamenti climatici ma, allo stesso tempo, rappresentano anche il campo di azione per la sperimentazione e l'implementazione di strategie di adattamento su larga scala. Tuttavia, le politiche rivolte alla scala edilizia devono essere coordinate con strategie più ampie (come quelle di pianificazione urbana) e sostenute dai dati climatici, tenendo presente che non può esistere una soluzione unica da poter replicare in tutti i casi (UNFCCC, online). In tal senso, è possibile parlare di “adattamento degli edifici al cambiamento climatico”, che considera come diversi edifici possono adattarsi ai cambiamenti climatici limitandone gli impatti sulla salute e migliorando il benessere e la produttività della comunità.

### **Digitalizzazione**

Nella sua ampia accezione, l'atto di “digitalizzare” si riferisce alla possibilità di cambiare qualcosa di fisico in una forma digitale/informatizzata (BOD, online; COD, online). Quando applicata a processi e filiere, esso comporta «l'adozione o l'aumento nell'uso delle tecnologie digitali» (OOD, online) al fine di «fornire nuove opportunità di reddito e di produzione di valore» (Gartner Online Dictionary, in CECE, 2019, p. 11).

Nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), l'innovazione digitale è vista non tanto quanto un obiettivo di per sé ma piuttosto come una sfida trasversale a diversi ambiti, dal momento che riguarda il continuo e necessario aggiornamento tecnologico nei sistemi produttivi (CEU, 2021).

Non è semplice fornire una definizione unica ed esaustiva del termine “digitalizzazione”, specie se ci si riferisce a tale sfida in relazione al settore delle costruzioni e all’ambiente costruito. Essa, infatti, comprende sia le novità connesse alle innovazioni dei processi di costruzione, del mercato e della filiera attraverso sistemi o tecnologie digitali, sia i risultati di tali innovazioni in forma fisica, come edifici e infrastrutture, aree urbane o spazi privati, che influenzano la nostra vita quotidiana.

Con riguardo al settore delle costruzioni, le tecnologie digitali e le loro interazioni sono necessarie per migliorare il funzionamento dello stesso settore in termini di competitività, risorse, efficienza energetica e produttività (ECSO, 2021). Inoltre, la digitalizzazione può accelerare la transizione sostenibile del settore, ponendosi a sostegno delle azioni che mirano alla decarbonizzazione, aumentando l’efficienza energetica e limitando le emissioni di gas a effetto serra (EC, 2023). Questo vuol dire migliorare i processi costruttivi in tutte le fasi del ciclo di vita edilizio: fornitura di materiali, acquisizione dati, progettazione, cantiere (inclusi trasporti e input materiali ed energetici), fase operativa degli edifici e fine della vita utile. I benefici sostenibili della digitalizzazione possono essere rilevanti specialmente durante la fase operativa, attraverso la raccolta dei dati in tempo reale, consentendo il monitoraggio e l’ottimizzazione delle prestazioni, del funzionamento, della manutenzione e della sicurezza.

Tuttavia, il settore delle costruzioni risulta essere uno dei meno digitalizzati tra i diversi settori economici in Europa (EURACTIV, 2019), motivo per cui si parla di sfida oltre che di opportunità (EC, 2019d).

In relazione all’ambiente costruito la digitalizzazione riguarda potenzialmente tutte le scale, dall’architettura alla città, dagli spazi pubblici a quelli privati. In particolare, le tecnologie digitali riconosciute dall’*European Cyber Security Organisation* (ESCO) per il settore delle costruzioni possono essere suddivise in tre categorie: (i) acquisizione dati (es. sensori; Internet of Things; scansione 3D); (ii) processi automatizzati (es. robotica; stampa 3D; droni); (iii) *digital information and analysis* (es. BIM; Realtà Virtuale; Intelligenza artificiale; Digital Twins) (ECSO, 2021).

Attualmente queste tecnologie e metodologie hanno diverso grado di sviluppo e tra le più diffuse nel settore edilizio vi sono il BIM e la sensoristica ma la stessa ECSO afferma che un maggior sviluppo della digitalizzazione porterebbe a un aumento significativo di competitività ed efficienza del settore (ECSO, 2021).

## DAGLI OBIETTIVI A SCALA GLOBALE ALLA CORNICE METODOLOGICA

### Sfide e perimetro della ricerca

Chiarite le quattro aree tematiche e i relativi obiettivi di policy, è stato possibile definire come sussista una relazione di fondo tra le sfide. Infatti, sulla base della cornice teorica emersa e considerando l’ambito della ricerca, la digitalizzazione non va interpretata come una sfida in sé, ma piuttosto come un *enabler* trasversale. Nel quadro dell’ambiente costruito e del settore edilizio, essa può accrescere l’efficacia con cui perseguire transizione energetica, risposte alle sfide ambientali e adattamento ai cambiamenti climatici. Al contempo, per le modalità evolutive intrinseche al settore delle costruzioni, l’innovazione non va necessariamente legata all’impiego di tecnologie digitali, dato che l’innovatività di una soluzione può dipendere anche da applicazioni inusuali, che coinvolgono target o ambiti diversi da quelli convenzionali.

In base al perimetro e agli obiettivi dell’indagine, la ricerca si è concentrata sull’edificato e sulla sua relazione con il tessuto urbano, trasponendo a tale scala le sfide globali per comprendere, da un lato, le esigenze emergenti e, dall’altro, i requisiti che tecnologie e metodologie innovative devono soddisfare in ottica di sostenibilità. Migliorare la qualità delle aree urbane e, soprattutto, delle costruzioni, rappresenta una delle questioni più critiche nel contesto del Nord-Est, anche in virtù dell’eterogeneo patrimonio edilizio. Ciò richiede di adottare un approccio critico nel valutare le soluzioni appropriate per il costruito, favorendo la riduzione dei consumi anche nelle circostanze in cui siano presenti rilevanti istanze conservative e, ove possibile, l’uso continuativo degli edifici esistenti per limitare sia i consumi che le nuove costruzioni. Per tale ragione, la ricerca di soluzioni innovative si è rivolta non solo a quelle che operano a livello edilizio e/o urbano, ma anche a quelle che possono produrre miglioramenti sia nelle nuove costruzioni che a quelle già presenti sul territorio. A partire da queste premesse, l’attività si è concentrata sulla definizione del metodo di ricerca, volto a restituire il legame tra le sfide e lo specifico contesto – sia geografico che in relazione alla scala delle soluzioni da identificare.

### Metodologia adottata

La ricerca è stata strutturata in due fasi tra loro connesse: (i) identificazione di tecnologie e metodologie operative (Ts/Ms) dal carattere inno-

vativo, effettuata attraverso il supporto di una matrice concettuale; (ii) individuazione delle soluzioni più efficaci nell'affrontare le sfide, a scala edilizia e urbana, realizzata attraverso una restituzione in forma grafica dei risultati. Di seguito sono brevemente illustrati i passaggi che hanno portato alla definizione dei metodi adottati per ciascuna delle due fasi.

Lo sviluppo di una matrice concettuale si è reso necessario, in primo luogo, per stabilire connessioni chiare e univoche tra le tecnologie e metodologie da identificare e le quattro sfide e, in secondo luogo, per supportare il processo di valutazione della loro efficacia nel contesto del Nord-Est in relazione agli scenari globali. Tale processo ha visto tre step consequenziali:

- individuazione di alcuni macro-obiettivi (per un totale di 10) direttamente collegati alle sfide, digitalizzazione esclusa. Tale attività è stata condotta sulla base di framework e report istituzionali, sia italiani che internazionali, esaminati in ottica della transizione sostenibile dell'ambiente costruito e del mondo delle costruzioni;
- individuazione di specifiche azioni (29) a sostegno di tali macro-obiettivi, che fossero implementabili attraverso strumenti o strategie e fattibili nella loro applicazione a scala urbana e/o edilizia. Ciascuna di queste azioni, identificate sulla base di letteratura e know-how del gruppo di ricerca, può contribuire a raggiungere più di un obiettivo;
- identificazione delle tecnologie e metodologie (38), esaminando in che misura le stesse contribuissero a supportare le azioni, costruendo così una connessione indiretta tra le soluzioni tecniche e le quattro sfide.

TABELLA 01 – P. 126

TABELLA 02 – P. 128

TABELLA 03 – P. 128

La matrice concettuale, in quanto dispositivo sviluppato a supporto del *decision-making*, rappresenta principalmente un metodo, ma anche un risultato in sé. La sua struttura ne ha consentito una duplice integrazione, volta rispettivamente a interpretare le relazioni tra le soluzioni identificate e:

- la sfida trasversale della digitalizzazione, determinando quindi il ruolo di quest'ultima rispetto all'innovazione sostenibile;
- l'ambiente costruito, esemplificato da

set di target di applicazione, ovvero: spazio urbano (U), spazio indoor (I), struttura dell'edificio (S), involucro edilizio (E).

FIGURA 01 – P. 130

FIGURA 02 – P. 130

La successiva restituzione grafica dei risultati si è resa necessaria per comprendere il diverso potenziale delle soluzioni, considerando quanto ciascuna di esse contribuisse al raggiungimento delle sfide e quanto dimostrasse di essere applicabile ai quattro target. Per valutare fattori quali replicabilità, incremento della sostenibilità ed efficacia in applicazioni su larga scala non era infatti possibile utilizzare parametri univoci secondo un approccio quantitativo, anche in virtù dei diversi modi, scale e contesti di applicazione delle soluzioni. Pertanto, i dati raccolti sono stati interpretati impiegando la *data visualisation* come strumento interpretativo, sviluppando, sulla base della matrice, due *alluvial diagram*<sup>2</sup>. Questo tipo di rappresentazione si dimostra funzionale alla descrizione quantitativa della relazione fra target, soluzioni, azioni, obiettivi e sfide, ma, al contempo, consente di evidenziare in modo qualitativo diversi elementi di queste relazioni riorganizzando la struttura del *dataset* originale. In particolare, sono stati elaborati due *alluvial diagram* per produrre differenti output, rispettivamente volti a descrivere:

- le soluzioni che contribuiscono maggiormente ad affrontare le sfide, in base al numero e al tipo di azioni supportate, e che presentano un maggior potenziale di implementazione, in base ai loro ambiti di applicazione (target);
- la relazione tra le soluzioni identificate e le tre sfide ma evidenziando il ruolo della sfida trasversale della digitalizzazione rispetto al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità.

FIGURA 03 – P. 131

FIGURA 04 – P. 131

#### TECNOLOGIE E METODOLOGIE PER LA SOSTENIBILITÀ DELL'AMBIENTE COSTRUITO E DEL SETTORE EDILIZIO

#### Esiti della ricerca

Le 38 soluzioni identificate sono riportate nella seguente tabella 04, in ordine di efficacia. Tale ordine è derivato dall'*alluvial diagram* riportato in

figura 05, mentre quello illustrato in figura 06 restituisce il rapporto delle tecnologie e metodologie con la sfida trasversale della digitalizzazione.

TABELLA 04 – P. 129

FIGURA 05 – P. 132

FIGURA 06 – P. 134

È possibile organizzare le 38 tecnologie e metodologie (Ts/Ms) identificate in sette diverse strategie, considerando gli aspetti comuni in termini di affinità operativa, similitudine nell'approccio o tecniche impiegate:

- “Strategie *nature-based*”, cui afferiscono 6 tecnologie (Coperture verdi, Facciate vegetate, *Rain garden*, Sistemi verdi mobili, Prodotti per il bio-restauro e la chimica verde, Calcestruzzo fibrorinforzato con fibre naturali) e 3 metodologie (Soluzioni per il *de-paving*, *Greening* a scala urbana, *Farming* urbano);
- “Materiali rinnovabili”, di cui fanno parte 3 tecnologie (Legno ingegnerizzato, Isolamento dell'involucro con materiali *bio-based*, Tamponamento con elementi in fibre naturali);
- “Estensione della vita utile di edifici, componenti e materiali”, che include 4 tecnologie (Calcestruzzo strutturale e non con elevato contenuto di riciclato da C&D, Pannelli per involucri trasparenti o traslucidi in polimeri termoplastici (PC, PMMA) con elevato contenuto di riciclato, Pannelli per l'involucro con elevato contenuto di riciclato e riciclabili, Esoscheletri in acciaio con sensoristica integrata per la protezione sismica) e 3 metodologie (*Design for disassembly and reuse*, Demolizione selettiva e decostruzione per il riuso dei componenti, *Design for Adaptability/for Flexibility/for Change*);
- “Soluzioni passive”, che comprende 4 tecnologie (*Brise-soleil* motorizzati con fotovoltaico integrato, *Breathe bricks* per l'involucro edilizio, Materiali a controllo di fase per l'involucro edilizio, Vernice antismog per interni ed esterni) e 1 metodologia (Disegno parametrico di facciate per nuovi edifici o ristrutturazioni);
- “*Digital information and analysis*”, che include 2 tecnologie (BIM per la gestione efficiente degli edifici esistenti e del patrimonio, Realtà virtuale per la gestione del cantiere) e 2 metodologie (Digital Twins, Tracciabilità digitale di materiali ed elementi edilizi);

- “*Data acquisition e output*”, cui afferiscono 4 tecnologie (IoT per la gestione dell'edificio, IoT per ambienti più inclusivi, Tecnologie innovative per il monitoraggio di parametri ambientali, materiali e strutturali, Droni per la gestione di cantieri, edifici esistenti e territori) e 1 metodologia (Metodologia interdisciplinare per la valutazione delle vulnerabilità);
- “Fonti energetiche rinnovabili e impianti”, in cui sono incluse 5 tecnologie (Integrazione di rinnovabili in *smart grids*, Sistemi per rilevamento guasti e piano di manutenzione dei sistemi HVAC, Film solare per i vetri di finestre o facciate, Vetro fotovoltaico e smart per finestre o facciate, Fotovoltaico organico).

Il numero complessivo delle tecnologie (28) supera quello delle metodologie (10). Tale circostanza è dettata dalla distinzione tra i due tipi di soluzioni. Infatti, se le tecnologie identificano applicazioni che vanno implementate praticamente nell'ambiente costruito, le metodologie si riferiscono a procedure operative che supportano la progettazione, la gestione e il mantenimento delle costruzioni o degli spazi urbani, andando a coprire un arco temporale che si estende su più fasi del ciclo di vita. In questo senso, una tecnologia può essere uno degli strumenti attraverso cui una metodologia viene implementata. È possibile riscontrare che molte soluzioni raggiungono la stessa classificazione (ovvero, siano *ex-aequo*) in relazione al soddisfacimento delle sfide, circostanza determinata dal numero limitato di azioni che ciascuna di esse supporta (tra le 3 e le 10 per tecnologia o metodologia). Inoltre, emerge come la sfida ambientale sia quella maggiormente affrontata, seguita da transizione energetica e adattamento ai CC. Tale risultato deriva dal numero complessivo di azioni che supportano indirettamente le sfide.

Le soluzioni che più di tutte contribuiscono alle sfide verso lo sviluppo sostenibile del Nord-Est riguardano metodologie che agiscono nello specifico su edifici esistenti (si tratta di “Tracciabilità digitale di materiali ed elementi edilizi” e “Demolizione selettiva e decostruzione per il riuso dei componenti”), delineando la necessità sempre più urgente di agire sul costruito esistente, inteso come risorsa culturale e/o materiale, in ottica di sostenibilità, conservazione ambientale e adattamento ai cambiamenti climatici. In tal senso, con riferimento alle diverse aree tematiche e alla gestione di processi complessi, non

stupisce che le metodologie operative supportino tendenzialmente un maggior numero di azioni rispetto alle tecnologie, posizionandosi quindi più in alto nella graduatoria.

Dall'analisi dei risultati è inoltre possibile fare alcune osservazioni circa il rapporto tra le tecnologie e metodologie identificate e la digitalizzazione. Emerge, infatti, che le soluzioni che maggiormente contribuiscono alle sfide non sono innovative di per sé, né specificatamente ideate con il preciso scopo di fornire un supporto tecnico nell'affrontare a scala edilizia e urbana le sfide ambientali, energetiche e di adattamento ai CC. Al contrario, si tratta in molti casi di soluzioni pensate per supportare i processi costruttivi e la progettazione per altri scopi, come l'ottimizzazione dei cantieri, l'implementazione di strategie di *urban mining*, la gestione efficiente dei materiali da costruzione, e, non ultimo, per preservare il patrimonio storico. Ciò nonostante, i risultati evidenziano quanto la loro applicazione abbia ricadute positive anche in relazione alle questioni ambientali ed energetiche, circostanza che rende dunque queste soluzioni degli strumenti efficaci a supporto dell'evoluzione sostenibile dell'ambiente costruito e del settore delle costruzioni nel Nord-Est. Questa circostanza dimostra oltretutto come, più in generale nel settore delle costruzioni italiano, tradizionalmente lento ad assorbire l'innovazione tecnologica per ragioni sia operative che culturali, quasi paradossalmente l'innovazione risieda nell'utilizzo di tecnologie, tecniche o procedure tradizionali e già consolidate, ma applicate in modo originale e alternativo.

Grazie a un esame critico degli esiti, va considerato che non è solo il numero complessivo di azioni a giustificare il minore o maggiore contributo delle tecnologie e metodologie alle sfide, e quindi a influenzare la loro posizione in graduatoria: anche il numero di target interessati rappresenta un parametro che ne restituisce il grado di efficacia. Per questo motivo, le soluzioni che si applicano a un solo target (come avviene per quelle che mettono in atto strategie passive, che sono applicate unicamente all'involucro edilizio) si collocano negli ultimi posti della graduatoria. Tali soluzioni, al contrario di altre, consentono di affrontare un numero limitato di problematiche e non sono concepite per essere utilizzate all'interno di processi complessi e differenziati.

In merito alla sfida della digitalizzazione, non sono molte (10 su 38) le soluzioni che attualmente utilizzano processi o dispositivi digi-

tali. Tuttavia, non va esclusa la possibilità che il prossimo futuro veda un'evoluzione di molte delle soluzioni individuate che potrebbero essere perfezionate per affrontare anche tale sfida, promuovendo pienamente l'innovazione sostenibile nell'ambiente costruito. La digitalizzazione si conferma, come evidenziato inizialmente, un *enabler* trasversale nel sostenere obiettivi legati alla transizione energetica, alle sfide ambientali e all'adattamento ai cambiamenti climatici.

### Note sulle soluzioni individuate

Un'osservazione critica derivante dai risultati è quella relativa alla loro forte dipendenza dai metodi qualitativi adottati. La raccolta e l'interpretazione dei dati sono strettamente determinate dagli elementi (obiettivi e azioni) considerati per tracciare le correlazioni tra le quattro sfide, da un lato, e le tecnologie innovative e metodologie operative, dall'altro. Infatti, gli obiettivi e le azioni individuati in questa indagine non sono univoci né completi. Per quanto riguarda gli obiettivi, essi derivano dalle specifiche politiche esaminate, che sono state scelte in base agli obiettivi dell'intero progetto di ricerca e sono quindi volte a sostenere la trasformazione dell'ambiente costruito e dei settori dell'edilizia nel territorio del Nord-Est, aumentando la sua sostenibilità e resilienza. Anche se questo può essere considerato un fattore discrezionale, rappresenta un grande punto di forza della metodologia sviluppata, ovvero la sua replicabilità come approccio multidisciplinare consapevole del campo geografico di applicazione. Per quanto riguarda le azioni, la loro scelta dipende dal know-how dei ricercatori, e non devono essere considerati come un elenco completo e definito, ma piuttosto una raccolta da integrare.

Dalla scelta di affidarsi al know-how e all'esperienza disciplinari dei ricercatori derivano soluzioni inerenti a specifici ambiti di interesse e, con uno sguardo critico, si potrebbe sostenere che manchino di una prospettiva più completa o di aspetti innovativi. Tuttavia, queste tecnologie e metodologie, come espresso dai contributi inclusi nelle pagine seguenti e di seguito brevemente richiamati, sono trasversali non solo in termini di ambiti di studio, ma anche di scala di applicazione (da uno specifico aspetto edilizio all'area urbana) e di potenziali obiettivi nei termini di stock edilizio (dal restauro alla nuova costruzione).

Tra le soluzioni *nature-based*, alcune possono rivelarsi di grande impatto nel promuovere la sostenibilità a scala urbana anche attraverso

piccoli interventi mirati. Questi, se condotti in modo sistematico, consentono di mettere in atto una strategia coordinata in favore della resilienza delle nostre città, riducendo la vulnerabilità delle stesse alle conseguenze del cambiamento climatico. Le azioni volte alla de-impermeabilizzazione del suolo rappresentano un primo e necessario passo in favore del miglioramento degli ecosistemi urbani. Se nell'immediato garantiscono la miglior regolazione del *run-off* derivante dalle precipitazioni intense e una riduzione dell'effetto isola di calore, esse gettano le basi per successive azioni in favore di *greening* a scala urbana. Una pianificazione ragionata per fasi di tali interventi consentirebbe di aumentare progressivamente la capacità di assorbimento di carbonio delle città attraverso l'introduzione di aree piantumate e alberate, favorendo la biodiversità e migliorando la qualità della vita delle comunità. Non solo gli spazi urbani possono essere trasformati in ottica *nature-based*, ma anche l'involucro degli edifici può essere oggetto di una trasformazione graduale ed efficace delle città, attraverso interventi sulle coperture e sulle facciate delle costruzioni da riqualificare o di nuova costruzione. Anche in questo caso sono tuttavia necessarie policy che regolino l'attuazione di queste misure ed evitino una messa in atto poco consapevole e frammentata degli interventi, circostanza che comporterebbe risultati poco soddisfacenti a fronte di una spesa superiore alle operazioni edilizie più convenzionali. In tale contesto, sono ancora mancanti delle traiettorie strategiche che connettano l'analisi prestazionale delle possibili soluzioni tecnologiche con un sistema di finanziamenti volto a promuovere gli approcci progettuali più adeguati al contesto. Le vulnerabilità proprie del territorio del Nord-Est richiedono inoltre una particolare attenzione nella conservazione del costruito esistente, in particolar modo in relazione al rischio sismico, e del patrimonio tutelato. In questi frangenti, le possibili azioni da mettere in campo non possono più prescindere da una reale considerazione degli aspetti di sostenibilità ambientale, che devono essere esplicitati dalla soluzione adottata e non esclusivamente dalla finalità di matrice conservativa della stessa. Nel caso delle operazioni di rinforzo sismico dell'edificato, possono assumere grande importanza prefabbricazione e assemblaggio a secco degli elementi impiegati per la realizzazione di esoscheletri. In tal modo è infatti possibile garantire un notevole risparmio sui tempi di messa in opera e, al tempo stesso, operare in ottica di economia circolare, garan-

tendo inoltre che non vi siano interferenze con le attività normalmente condotte nell'edificio – soprattutto nel caso di costruzioni a destinazione residenziale. Quando le necessità di riduzione della vulnerabilità coinvolgono invece il patrimonio storico-architettonico, è auspicabile che più discipline concorrano alla definizione di strategie operative appropriate al manufatto, in ottica di un coordinamento metodologico propeudeutico a un coordinamento operativo, espressione di un approccio multiscale. Il territorio in cui il bene è ubicato rappresenta infatti un parametro specifico da valutare, le cui caratteristiche e criticità influiscono in modo significativo sulla programmazione delle diverse operazioni da effettuare. L'interdisciplinarietà, convenzionalmente critica quando si opera nel campo del restauro in virtù dei differenti obiettivi che conservazione, sicurezza ed efficientamento si pongono, diventa condizione necessaria alle indagini preliminari e, unita a un appropriato monitoraggio, rappresenta la base su cui costruire metodologie di valutazione qualitative e quantitative. La complessità di gestione del patrimonio tutelato è spesso dettata dai vincoli conservativi che limitano l'azione volta a migliorare gli aspetti energetici, e non solo, dello stesso. Tuttavia, gli effetti del cambiamento climatico aggravano le criticità e vulnerabilità già in essere, richiedendo una mediazione consapevole tra le strategie previsionali proposte e la necessaria tutela del manufatto, da attuarsi integrando i saperi specialistici coinvolti. Per facilitare questo processo è auspicabile adottare un sistema valutativo basato su un'approfondita conoscenza del bene, al fine di indagare le possibili modalità di manutenzione programmata del costruito a partire dalle sue specificità e peculiarità di patrimonio storico. L'innovazione tecnologica, se impiegata come strumento a seguito di una ragionata mediazione, può giocare un ruolo importante in questa circostanza.

Il costruito esistente rappresenta sempre più una risorsa da conservare nella sua integrità anche nei casi in cui non sia parte dell'*heritage*, non solo ai fini di una gestione efficiente dell'edificato in chiave circolare, ma anche in virtù dei legami che si instaurano tra una comunità e l'ambiente costruito che essa vive quotidianamente. Nel progetto dell'esistente, tale scenario sottolinea l'importanza della compatibilità tra la destinazione d'uso di una costruzione e le caratteristiche della stessa, evidenziando l'importanza di adattabilità, flessibilità e predisposizione al cambiamento nel definire una rigenerazione

che prenda avvio dalla scala edilizia e si rifletta sull'immediato contesto urbano. Considerando questi parametri è infatti possibile individuare azioni che agiscano in modo mirato su una componente fisica dell'edificio considerando, nel contempo, come tale intervento possa riflettersi in modo positivo in ambito spaziale, distributivo e formale, nonché in ottica di efficientamento. In questo contesto, la componente digitale diventa uno strumento fondamentale per ottimizzare il processo progettuale dall'avvio dello stesso a tutta la durata dell'operazione trasformativa, con l'impiego di modelli informativi avanzati quali BIM (*Building Information Modeling*) e Digital Twin. In particolare, l'apporto di queste tecnologie consente di evadere dalla logica delle economie di scala, aprendo alla possibilità di indagare il progressivo sviluppo della relazione tra edificio e tempo con un approccio volto, da un lato, all'ottimizzazione degli interventi in chiave ambientale e, dall'altro, a garantire che le operazioni condotte mantengano un'ottica *human-centered*. L'intervento sull'esistente rappresenta il campo di applicazione di molteplici strategie in favore della sostenibilità che, operando alla scala architettonica, individuano nella risorsa costruita l'occasione per promuovere una gestione efficiente delle risorse materiali e di reintroduzione della componente naturale nell'ambiente costruito. La transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio passa necessariamente per strumenti che valorizzano gli elementi edilizi sia in fase progettuale, facilitando il disassemblaggio dell'edificio e attivando riflessioni sulla durabilità dei sistemi costruttivi, che alla fine vita della costruzione stessa, attraverso processi di decostruzione in ottica di *urban mining* – la cui operatività va incrementata attraverso adeguati strumenti normativi e digitali. In parallelo, l'aumento della componente verde in area urbana, basato su strategie *nature-based*, rappresenta uno strumento complementare per attuare una progressiva rinaturalizzazione del patrimonio costruito nella sua forma fisica. La riflessione sul costruito esistente e sul concetto di circolarità in ambito di progettazione si estende anche ai materiali. Il comparto industriale del Nord-Est, e più di tutti il Veneto, è fortemente caratterizzato dalla produzione e lavorazione – nonché esportazione in tutto il mondo – di uno dei materiali più antichi e al contempo innovativo, il vetro. Al fine di tendere agli obiettivi di decarbonizzazione e neutralità climatica, il comparto del vetro necessita di nuove sperimentazioni in ambito energetico,

ovvero in termini di “nuove” fonti di energia pulita da impiegare, di innovazione dei processi produttivi per contenere e ridurre le emissioni di gas, ma anche ulteriore ricerca in merito alla possibilità di riciclare il vetro “complesso”, dal momento che il materiale vetroso sarebbe di per sé potenzialmente riciclabile all'infinito. Comprendere in che modo il vetro edile possa essere correttamente smaltito e riciclato rappresenta infatti, ad oggi, una delle sfide più interessanti e difficili del comparto.

Nella transizione sostenibile dell'ambiente costruito, supportati dalla Strategia comunitaria per la Bioeconomia, giocheranno un ruolo sempre maggiore i materiali rinnovabili e *bio-based*. Se le strategie basate sulla natura agiscono a scala urbana, le soluzioni tecnologiche applicabili a livello di edificio possono avvalersi di prodotti derivati, integralmente o parzialmente, da beni di origine naturale e rinnovabili in tempi relativamente inferiori rispetto a quelli di origine fossile. Oltre a garantire inferiori impatti in termini ambientali, con particolare riferimento all'energia e al carbonio incorporato, tali materiali sono potenzialmente compatibili con i flussi di risorse necessari alle trasformazioni dell'ambiente costruito. Queste soluzioni rappresentano uno strumento importante nella riqualificazione dell'edificato esistente, in particolare per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione del parco residenziale contemporaneo che necessita molteplici operazioni di adeguamento, tra cui quelle di tipo energetico. In particolare, i materiali isolanti di origine naturale derivanti da produzioni locali, grazie ai rapidi cicli di accrescimento che caratterizzano queste coltivazioni, possono essere impiegati nell'efficientamento del patrimonio edilizio esistente e, al contempo, contribuire alla cura del territorio e attivare economie di filiera corta. Avviare linee di ricerca relative all'utilizzo di materiali rinnovabili nel settore delle costruzioni appare necessario non solo in relazione alle componenti dell'involucro edilizio, ma anche per gli elementi con funzione strutturale. Per conseguire la decarbonizzazione della filiera, va obbligatoriamente riconsiderato l'impiego dei materiali convenzionalmente impiegati a questo scopo, operando in ottica di sostituzione. Le molteplici potenzialità e la versatilità del calcestruzzo, largamente impiegato a partire dal Secondo dopoguerra per usi strutturali, vanno parametrate alle ricadute ambientali che il suo uso comporta: una produzione ad elevata intensità energetica e di emissioni, il rilevante consumo di risorse materiali

non rinnovabili e una limitata reintroduzione nel ciclo produttivo come materia prima secondaria. In tale contesto, le strategie comunitarie promuovono l'impiego del legno ingegnerizzato per le operazioni di nuova costruzione e ristrutturazione. Questi sistemi costruttivi – potenziali operatori di *carbon storage*, prefabbricati in ottica di ottimizzazione delle risorse, reversibili e dunque circolari, sostenibili se certificati – si stanno progressivamente consolidando nella pratica edilizia italiana, in particolar modo con la diffusione del *mass timber*. La ricerca più recente sta rivolgendo l'attenzione anche a tecniche costruttive che fanno uso di elementi composti più leggeri, in ottica di ottimizzazione di materiale e flessibilità d'uso. Tuttavia, la reale convenienza ecologica dei sistemi costruttivi in legno ingegnerizzato va sempre valutata in ottica di ciclo di vita, con attenzione al tasso di rigenerazione della risorsa foresta, all'entità di input energetici necessari per la produzione e alla gestione circolare del fine vita.

Di fronte alla ormai urgente transizione che sempre più riguarda l'ambiente costruito nella sua interezza e complessità, tanto nello scenario globale quanto nello specifico del Nord-Est, le varie tecnologie e metodologie individuate dalla ricerca svolta dimostrano come la componente digitale possa rivelarsi un *enabler* trasversale nell'ottica di affrontare le sfide ambientali, energetiche e di adattamento ai cambiamenti climatici. Tale caratteristica si riflette non solo nel contributo che la digitalizzazione può offrire in molteplici ambiti disciplinari, ma anche nel fatto che essa coinvolga, e metta in connessione, scale differenti. Nell'implementare azioni volte a incrementare la sostenibilità e resilienza dell'ambiente costruito è quindi necessario considerare la stretta interconnessione tra territorio e edificio, sia in termini geografici e climatici, sia nel valutare come una medesima soluzione possa produrre ricadute positive quando attuata con un approccio multiscale. Negli ultimi decenni, il graduale processo di digitalizzazione dell'architettura ha consentito un significativo arricchimento del *toolkit* ideativo e operativo a disposizione dei progettisti. A scala edilizia, questo

concerne in particolare l'applicazione del BIM, che, a partire dall'informazione geometrica e costruttiva, ha visto progressivamente integrata la dimensione temporale, garantendo un controllo delle componenti manutentiva ed energetica. In tale contesto, l'acquisizione dati attraverso strumenti fotogrammetrici rappresenta un ulteriore ambito in cui sviluppare ricerche al fine di operare in modo mirato e consapevole sugli edifici esistenti, inserendo nel modello digitale le informazioni materiali proprie del manufatto reale, anche attraverso processi automatizzati. Inoltre, l'impiego della componente virtuale sempre più nel futuro potrà consentire l'esplorazione interattiva dell'esistente e l'acquisizione di dati necessari ad affinare la diagnostica, in particolare nel caso del patrimonio, attivando potenzialmente un processo di messa a sistema delle informazioni acquisite a scala regionale. In questo scenario, acquisisce un ruolo innovativo anche la sensoristica in chiave di info-digitalizzazione. Essa, infatti, non solo consente la valutazione di parametri ambientali relativi a un singolo manufatto per intraprendere, *ex-post*, azioni manutentive o di efficientamento, ma può essere concepita come un insieme sinergico di dispositivi che, in chiave preventiva, fornisce supporto all'analisi a scala territoriale. Alla luce dello scenario dipinto dai cambiamenti climatici, la componente digitale si rivela uno strumento innovativo nella definizione di strategie di mitigazione basate su un monitoraggio attivo in grado di restituire modelli climatici approfonditi e in costante aggiornamento. In un territorio geograficamente eterogeneo e vulnerabile sotto molti profili, come quello del Nord-Est, operare una sistematica raccolta dati negli ambienti più fragili e meno antropizzati può consentire di individuare in anticipo le problematiche che negli anni successivi caratterizzeranno le aree urbane. Ampliando la già esistente rete di presidi in alta quota, coordinandola in modo integrato e promuovendo il carattere partecipativo della raccolta di informazioni, i dati da essa raccolti possono diventare preziosa risorsa per il futuro sostenibile dell'ambiente costruito.

## Riferimenti bibliografici

- Britannica Online Dictionary (BOD) *Digitise*. Disponibile su: [www.britannica.com/dictionary/digitise](http://www.britannica.com/dictionary/digitise) (Ultimo accesso: 22 settembre 2023).
- Cambridge Online Dictionary (COD) *Digitalisation*. Disponibile su: [www.dictionary.cambridge.org/dictionary/english/digitalize?q=digitalisation](http://www.dictionary.cambridge.org/dictionary/english/digitalize?q=digitalisation) (Ultimo accesso: 22 settembre 2023).
- Committee for European Construction Equipment (CECE) (2019) *Digitalising the Construction Sector. Unlocking the Potential of Data with a Value Chain Approach*. Disponibile su: <https://www.cece.eu/publications/digital-reports> (Ultimo accesso: 22 settembre 2023).
- Council of the European Union (CEU) (2021) *REVISED Annex to the COUNCIL IMPLEMENTING DECISION on the Approval of the Assessment of the Recovery and Resilience Plan for Italy, 2021/0168 (NLE)*. CEU: Vienna, Austria.
- Digitising the EU's Construction Industry (2019) *Manifesto Report Jan.–Mar. 2019*. Disponibile su: [www.euractiv.com/section/digital/special\\_report/digitising-the-eus-construction-industry/](http://www.euractiv.com/section/digital/special_report/digitising-the-eus-construction-industry/) (Ultimo accesso: 22 settembre 2023).
- European Commission (EC), Directorate-General for Energy (2019a) *Energia pulita per tutti gli europei*. Publications Office of the European Union: Luxembourg. Disponibile su: [www.data.europa.eu/doi/10.2833/338572](http://www.data.europa.eu/doi/10.2833/338572).
- European Commission (EC) (2019b) *Il Green Deal europeo*, COM(2019) 640 final. European Commission: Luxembourg.
- European Commission (EC) (2019c) *United in Delivering the Energy Union and Climate Action – Setting the Foundations for a Successful Clean Energy Transition*, COM (2019)285. European Commission: Luxembourg.
- European Commission (EC), Executive Agency for Small and Medium-Sized Enterprises (2019d) *Supporting Digitalisation of the Construction Sector and SMEs: Including Building Information Modelling*. Publications Office of the European Union: Luxembourg. Disponibile su: [www.data.europa.eu/doi/10.2826/422658](http://www.data.europa.eu/doi/10.2826/422658) (Ultimo accesso: 22 settembre 2023).
- European Commission (EC) (2020a) *A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe*, COM (2020)301. European Commission: Luxembourg.
- European Commission (EC) (2020b) *Powering a Climate-Neutral Economy: An EU Strategy for Energy System Integration*, COM (2020)299. European Commission: Luxembourg.
- European Commission (EC) (2020c) *Strategic Plan 2020–2024 DG ENVIRONMENT*, Ref. Ares(2020)4902415. European Commission: Luxembourg.
- European Commission (EC) (2020d) *A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and more Competitive Europe*, COM (2020)98. European Commission: Luxembourg.
- European Commission (EC) (2021) *Forging a Climate-Resilient Europe – The New EU Strategy on Adaptation to Climate Change*, COM(2021)82. European Commission: Luxembourg.
- European Commission, European Construction Sector Observatory (ECSO) (2021) *Digitalisation in the Construction Sector: Analytical Report*, Ref. Ares(2021)2699252—22/04/2021. ECSO: Roßdorf, Germany.
- European Commission (EC) (2023) *Handbook Digital Maturity Growth for Construction SMEs*. Disponibile su: [www.digital-construction.ec.europa.eu/handbook](http://www.digital-construction.ec.europa.eu/handbook) (Ultimo accesso: 22 settembre 2023).
- European Commission (EC), Directorate-General for Climate Action (2023) *EU-Level Technical Guidance on Adapting Buildings to Climate Change*. Publications Office of the European Union: Luxembourg. Disponibile su: [www.data.europa.eu/doi/10.2834/558395](http://www.data.europa.eu/doi/10.2834/558395).
- European Environment Agency (EEA) (2019) *The European Environment – State and Outlook 2020: Knowledge for Transition to a Sustainable Europe*. Publications Office of the European Union: Luxembourg.
- European Parliament (EP) (2021) *European Climate Law; Regulation (EU) 2021/1119*. European Parliament: Strasbourg, France.
- European Parliament. Decision (EU) (2022) 2022/591 of 6 April 2022 on a General Union Environment Action Programme to 2030, OJEU L 114/22. European Parliament: Strasbourg, France.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014) 'Annex II: Glossary', in Pachauri, R.K., Meyer, L.A., (a cura di) *Climate Change 2014: Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC: Geneva, Switzerland.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2022) 'Annex II: Glossary', in Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Minterbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., et al. (a cura di) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA.
- Oxford Online Dictionary (OOD) *Digitalisation*. Disponibile su: [www.oed.com/view/Entry/242061](http://www.oed.com/view/Entry/242061) (Ultimo accesso: 22 settembre 2023).
- Presidenza Italiana del Consiglio dei Ministri (2021) *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*. Disponibile su: [www.governo.it/it/approfondimento/le-missioni-e-le-componenti-del-pnrr/16700](http://www.governo.it/it/approfondimento/le-missioni-e-le-componenti-del-pnrr/16700) (Ultimo accesso: 22 settembre 2023).
- United Nations Assembly of the United Nations Environment Programme (UNEP) (2022) *Ministerial Declaration of the United Nations Environment Assembly at Its Fifth Session: Strengthening Actions for Nature to Achieve the Sustainable Development Goals*, UNEP/EA.5/HLS.1; UNEP: Nairobi, Kenya.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2023) *UNEP in 2022*. United Nations Environment Programme: Nairobi, Kenya.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) *Topics*. Disponibile su: [www.unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction](http://www.unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction) (Ultimo accesso: 22 settembre 2023).

## Note

1 La Commissione Europea supporta l'adozione della metodologia BIM grazie alla Direttiva 2014/24/EU e la norma CEN/TC 442 Building Information Modelling.

2 I grafici sono stati elaborati tramite la piattaforma gratuita raw-graph.io (Ultimo accesso: 27 maggio 2024).

Sfida	Macro-obiettivo	(sotto)Obiettivi	Riferimenti
ET	Decarbonizzazione	Ridurre le emissioni di GHGs derivanti dai processi di produzione e consumo	(EP, 2022)
		Ridurre le emissioni di GHGs nel ciclo di vita dei prodotti	
	Miglioramento dell'efficienza energetica	Migliorare l'efficienza energetica: produzione, distribuzione, processi di consumo	(UN, 2015) SDG 7.3 (PICM, 2021) PNRR M2C3 PNRR MIC3
		Migliorare l'efficienza energetica degli edifici (esistente e nuove costruzioni)	
	Aumento della quota di energia rinnovabile	Migliorare l'efficienza energetica del patrimonio culturale e delle infrastrutture anche attraverso la digitalizzazione	(UN, 2015) SDG 7.2 (PICM, 2021) PNRR M2C1 PNRR M2C2
		Aumentare la produzione, distribuzione e uso finale di energia rinnovabile	
		Aumentare l'efficienza e/o dell'utilizzo dei fotovoltaici	
		Sostenere le comunità e i prosumer dell'energia	
	Protezione, gestione sostenibile e ripristino degli ecosistemi e delle risorse naturali	Reti intelligenti, resilienti e flessibili basate sulle energie rinnovabili	(UN, 2015) SDGs 6.3; 6.6; 14.1; 14.2; 15.1; 15.2 (PICM, 2021) PNRR M2C4
		Conservazione, gestione sostenibile e ripristino dell'ambiente naturale e dei paesaggi	
Conservazione, uso sostenibile e ripristino degli ecosistemi d'acqua dolce, marino e di tutti gli ecosistemi connessi all'acqua			
Conservazione, uso sostenibile e gestione delle foreste			
Insediamenti umani di qualità, sicuri, sostenibili e resilienti	Salvaguardia della biodiversità e qualità dell'aria	(UN, 2015) SDG 6.3 SDG 9.1 SDG 11.3 (PICM, 2021) PNRR M2C4	
	Sostenere l'urbanizzazione inclusiva e sostenibile e la capacità di pianificazione e gestione degli insediamenti umani partecipativa, integrata e sostenibile		
	Aumentare delle aree verdi in contesti urbani		
	Migliorare la qualità dell'acqua, garantire un approvvigionamento sicuro e un uso sostenibile, anche attraverso lo stoccaggio, il riciclo e il riuso		
	Affrontare le vulnerabilità sismiche e idrogeologiche di edifici e territori		
EC	Gestione sostenibile delle risorse materiali in un'economia priva di sostanze tossiche, circolare e rigenerativa	Sviluppare infrastrutture di qualità, affidabili, sostenibili e resilienti	(UN, 2015) SDGs 6.3; 9.4; 11.6; 12.4; 12.5 (PICM, 2021) PNRR MIC2; PNRR M2C1
		Ridurre tutti i rifiuti attraverso la prevenzione, la riduzione, il riciclo e il riuso	
	Inquinamento zero	Ridurre l'impatto delle città attraverso una gestione sostenibile ed efficiente delle risorse materiali	(UN, 2015) SDGs 9.4; 11.6; SDG 14.1 (PICM, 2021) PNRR M2C4
		Gestire in modo efficiente le sostanze chimiche, riducendo il loro rilascio nell'aria, nell'acqua e nel suolo	
Prevenzione e riduzione significativa dell'inquinamento atmosferico, idrico e del suolo di ogni tipo			
Protezione e salvaguardia del patrimonio culturale e naturale mondiale	Ridurre l'impatto degli insediamenti umani: qualità dell'aria e domanda di energia	(UN, 2015) SDG 11.4 (PICM, 2021) PNRR MIC3 PNRR M2C4	
	Migliorare le tecnologie e i processi puliti nelle infrastrutture e nelle industrie		
	Tutela e valorizzazione dell'architettura rurale e dei paesaggi		
	Patrimonio culturale e infrastrutture digitalizzati, inclusivi ed efficienti dal punto di vista energetico		
		Rafforzare la sicurezza sismica anche attraverso un monitoraggio efficiente	
		Preservazione e ripristino di parchi e giardini storici	

**TABELLA 01**

Principali obiettivi individuati considerando le sfide nella cornice dell'ambito di ricerca e dei macro-obiettivi posti.

	Rafforzare l'adattamento e ridurre la vulnerabilità al cambiamento climatico	
CCA	Rafforzamento della resilienza e capacità di adattamento ai rischi legati al clima e alle catastrofi naturali	Gestione e protezione degli ecosistemi marini e costieri per evitare impatti negativi significativi, anche rafforzando la loro resilienza e adottando misure volte al loro ripristino
		Aumentare la resilienza delle reti e infrastrutture di distribuzione dell'energia
	Supporto ai sistemi provvisori per il benessere umano e la salvaguardia dei territori	Gestione efficiente dei rischi idrogeologici, delle inondazioni e delle tempeste che hanno un impatto sugli edifici e sui territori
		(EC, 2021) (UN, 2015) SDGs 13.1; 14.2 (PICM, 2021) PNRR M2C2

## Azioni

Garantire l'indipendenza, la sicurezza e il benessere dell'uomo

Migliorare la qualità dell'aria e/o l'assorbimento degli inquinanti

Aumentare la biodiversità

Migliorare la protezione delle coste

Migliorare la qualità dell'aria interna

Migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse nel settore edile

Migliorare la gestione circolare delle risorse materiali

Migliorare della depurazione e della qualità delle acque

Migliorare il riciclaggio e il riutilizzo dell'acqua

Aumentare l'efficienza impiantistica

Aumentare la permeabilità del suolo

Aumentare le prestazioni dell'involucro degli edifici

Aumentare l'uso delle energie rinnovabili

Aumentare la ritenzione dell'acqua (regolazione del deflusso)

Approvvigionamento locale di materiali ed elementi da costruzione

Mitigare gli effetti di surriscaldamento

Monitorare le vulnerabilità dell'ambiente naturale e costruito

Ottimizzare la gestione dei rifiuti di costruzione e demolizione

Ottimizzare la gestione del cantiere

Promuovere il rimboschimento/imboschimento e delle specie arboree in contesti urbani

Proteggere il patrimonio e altre risorse edificate

Ridurre lo sfruttamento del capitale naturale

Ridurre l'effetto isola di calore

Ridurre la vulnerabilità sismica degli edifici esistenti

Ridurre l'uso di sostanze chimiche nei materiali da costruzione

Creare reti di distribuzione su scala micro e piccola per le energie rinnovabili

Utilizzare materiali e sostanze bio-based

Utilizzare materiali carbon-storage

Utilizzare materiali a bassa intensità energetica

## TABELLA 02

Elenco delle azioni individuate a sostegno dei macro-obiettivi.

soluzione	target <sup>(a)</sup>				azioni	obiettivi	sfide			digitalizzazione	descrizione	rif.	note
	E	S	I	U			ET	EC	CCA				
T/M 1 <sup>(b)</sup>	x	x			azione (a)	obb.1			x		...	...	...
					azione (b)	obb. 2		x		x	...	...	...
					azione (c)			x			...	...	...
T/M 2	x	x	x		azione (d)	obb.1	x				...	...	...
					azione (b)	obb. 3			x		...	...	...

(a) E = involucro edilizio; S = struttura; I = spazio indoor; U = spazio urbano.

(b) Soluzione 1: si applica all'involucro edilizio e allo spazio urbano; attraverso l'azione (a) supporta l'obiettivo 1, contribuendo a far fronte alla sfida di adattamento ai cambiamenti climatici; attraverso le azioni (b) e (c) supporta l'obiettivo 2, contribuendo a far fronte alla sfida ambientale; può utilizzare tecnologie o soluzioni digitali.

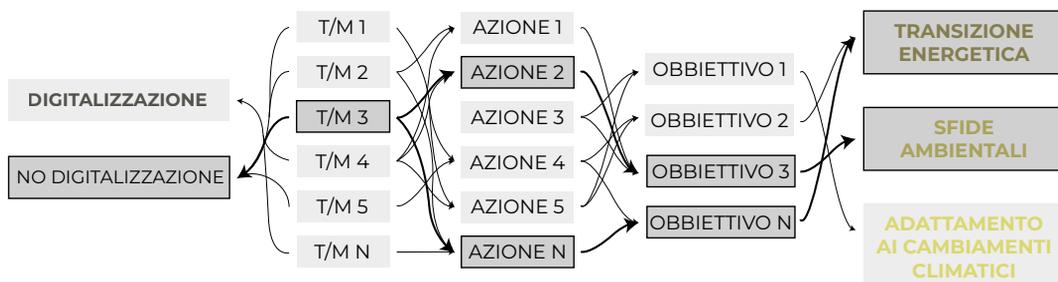
## TABELLA 03

Struttura del foglio di calcolo utilizzato per la raccolta dei dati (matrice).

Classifica	Tecnologia o metodologia	Numero di azioni
1	Tracciabilità digitale di materiali ed elementi edilizi	21
2	Demolizione selettiva e decostruzione per il riuso dei componenti	18
3	Metodologia interdisciplinare per la valutazione delle vulnerabilità	15
4	Tecnologie innovative per il monitoraggio di parametri ambientali, materiali e strutturali	14
	Droni per la gestione di cantieri, edifici esistenti e territori	14
5	Design for disassembly and reuse	12
	Fotovoltaico organico	12
6	Digital twins	11
7	Rain gardens	10
	Design for Adaptability/for Flexibility/for Change	10
	Realtà virtuale per la gestione del cantiere	10
	IoT per la gestione dell'edificio	10
	Coperture verdi	9
8	Facciate vegetate	9
	Calcestruzzo fibrorinforzato con fibre naturali	9
9	Soluzioni per il de-paving	8
	Isolamento dell'involucro con materiali bio-based	8
	Calcestruzzo strutturale e non con elevato contenuto di riciclato da C&D	8
	IoT per ambienti più inclusivi	8
10	Sistemi verdi mobili	7
	Greening a scala urbana	7
	Legno ingegnerizzato	7
11	Prodotti per il bio-restauro e la chimica verde	6
	Tamponamento con elementi in fibre naturali	6
	Esoscheletri in acciaio con sensoristica integrata per la protezione sismica	6
	BIM per la gestione efficiente degli edifici esistenti e del patrimonio	6
12	Integrazione di rinnovabili in smart grids	5
13	Farming urbano	4
	Vetro fotovoltaico e smart per finestre o facciate	4
	Pannelli per involucri trasparenti o traslucidi in polimeri termoplastici (PC, PMMA) con elevato contenuto di riciclato	4
	Pannelli per l'involucro con elevato contenuto di riciclato e riciclabili	4
	Brise-soleil motorizzati con fotovoltaico integrato	4
	Vernice antismog per interni ed esterni	4
14	Disegno parametrico di facciate per nuovi edifici o ristrutturazioni	3
	Materiali a controllo di fase per l'involucro edilizio	3
	Breathe bricks per l'involucro edilizio	3
	Sistemi per rilevamento guasti e piano di manutenzione dei sistemi HVAC	3
	Film solare per i vetri di finestre o facciate	3

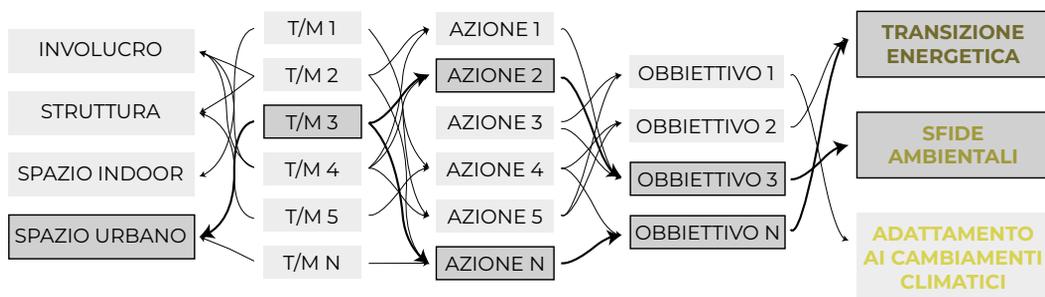
#### TABELLA 04

Classificazione delle 38 tecnologie e metodologie in base al numero di azioni sostenute.



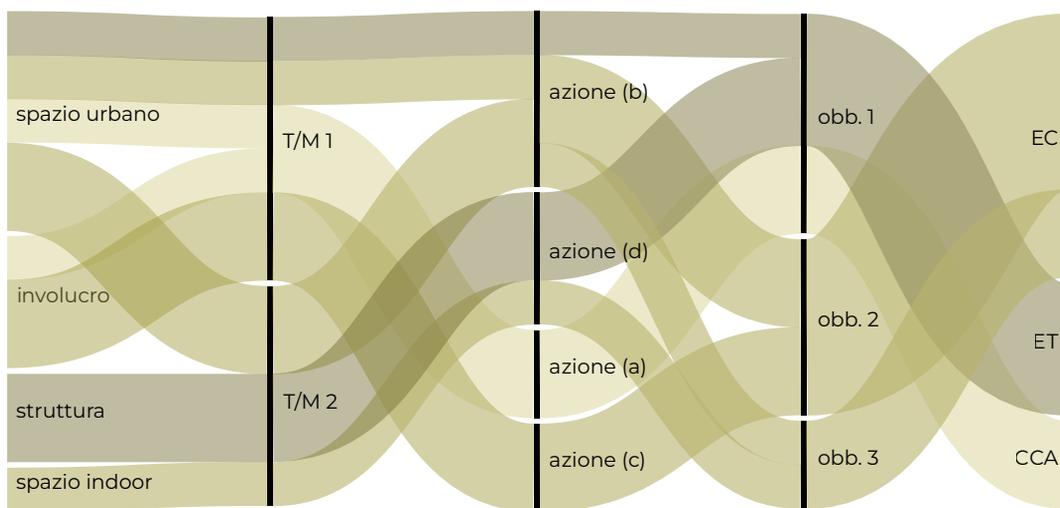
**FIGURA 01**

Il quadro concettuale alla luce della sfida della digitalizzazione.



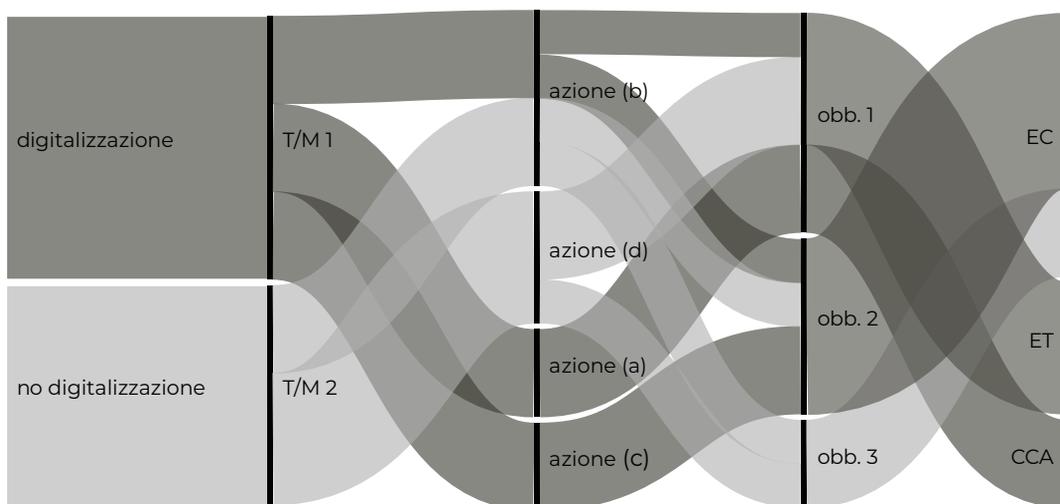
**FIGURA 02**

Il quadro concettuale alla luce dei quattro obiettivi potenziali.



**FIGURA 03**

Esempio semplificato di *alluvial diagram* in cui si evidenzia l'efficacia delle Ts/Ms in relazione al numero di azioni affrontate e al loro potenziale impatto sugli obiettivi.

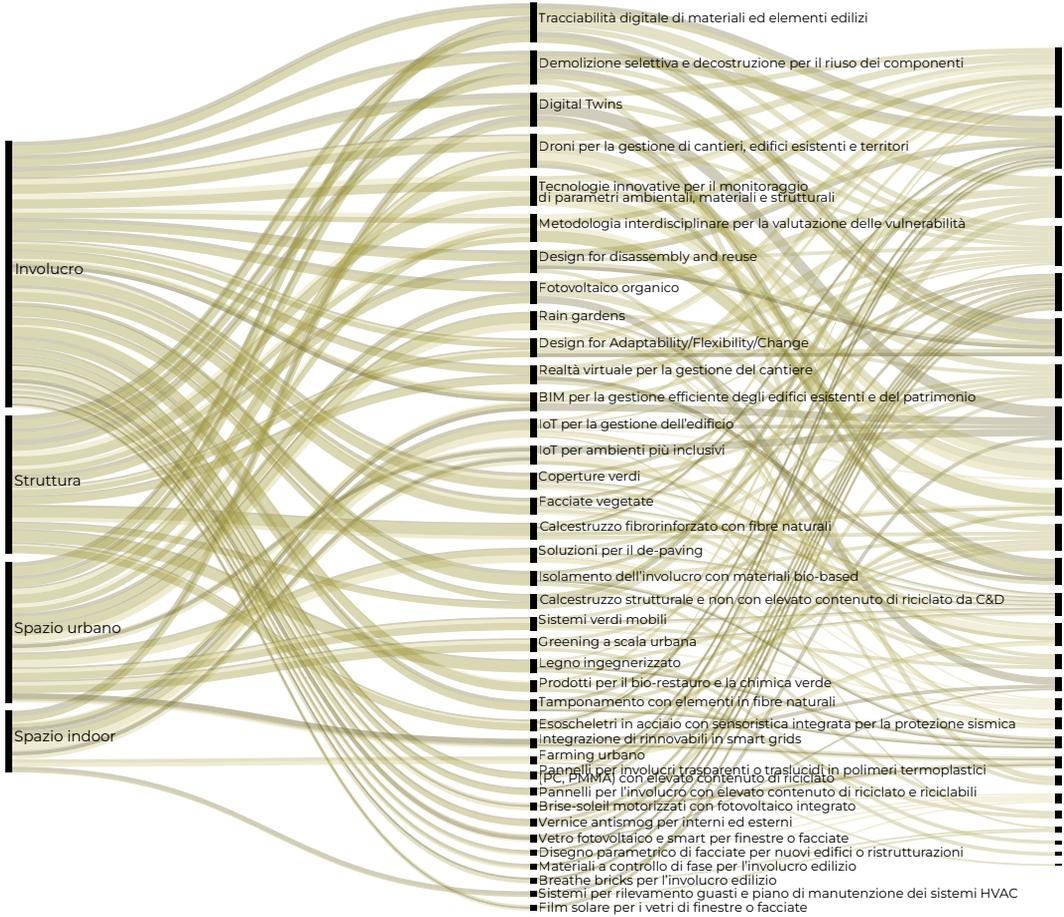


**FIGURA 04**

Esempio semplificato di *alluvial diagram* in cui si evidenzia il possibile collegamento tra Ts/Ms e la sfida della digitalizzazione.

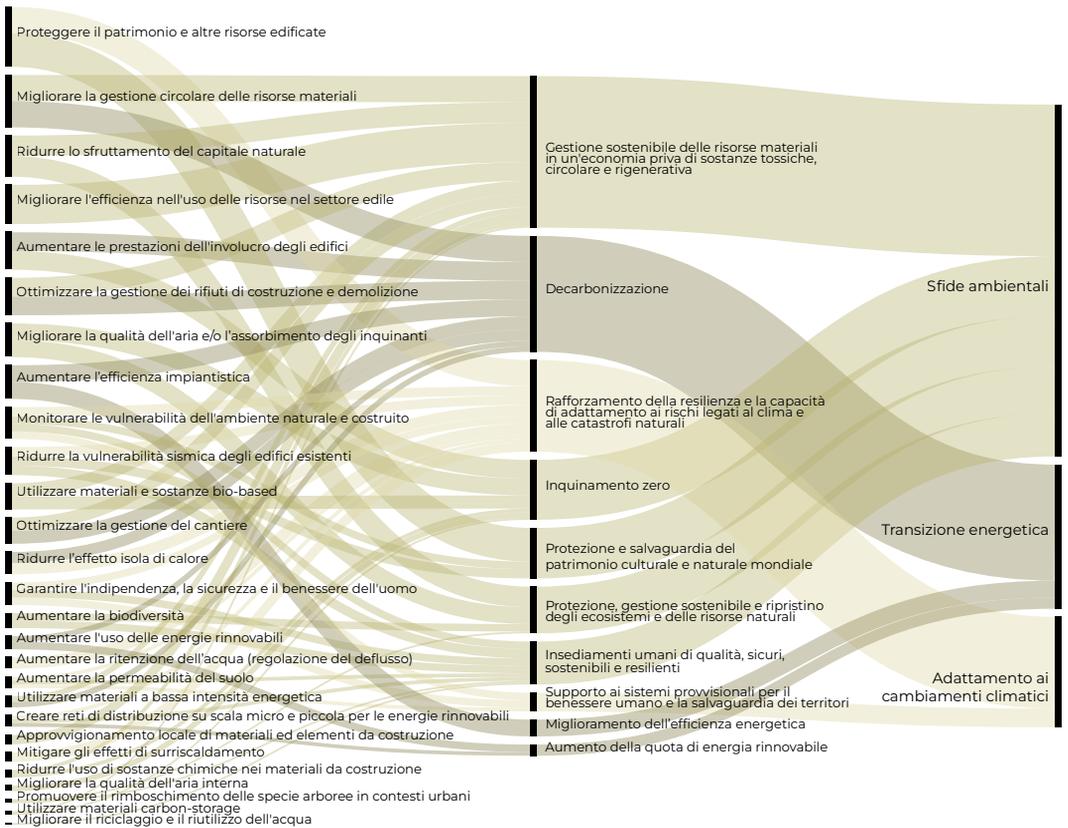
TARGET

TECNOLOGIE/METODOLOGIE



**FIGURA 05**

L'alluvial diagram che evidenzia l'efficacia delle Ts/Ms in base al loro contributo nell'affrontare le sfide attraverso azioni e obiettivi.



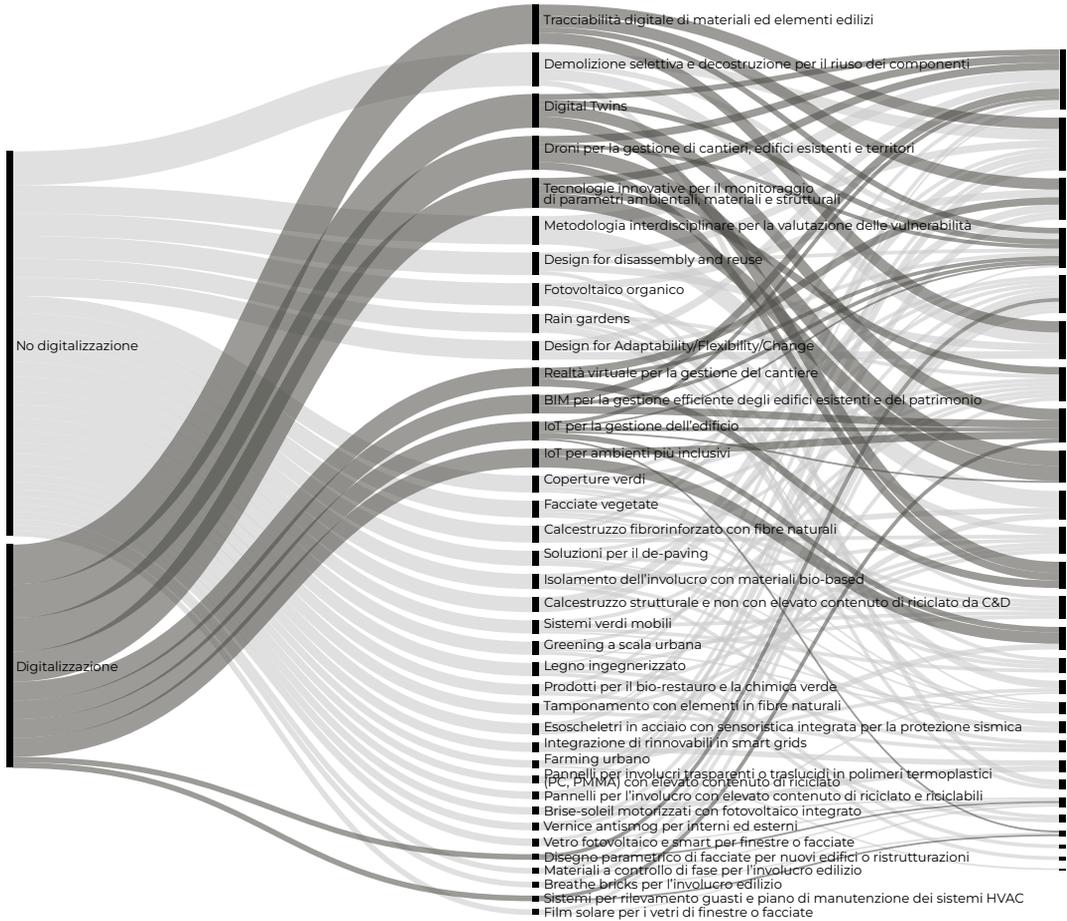
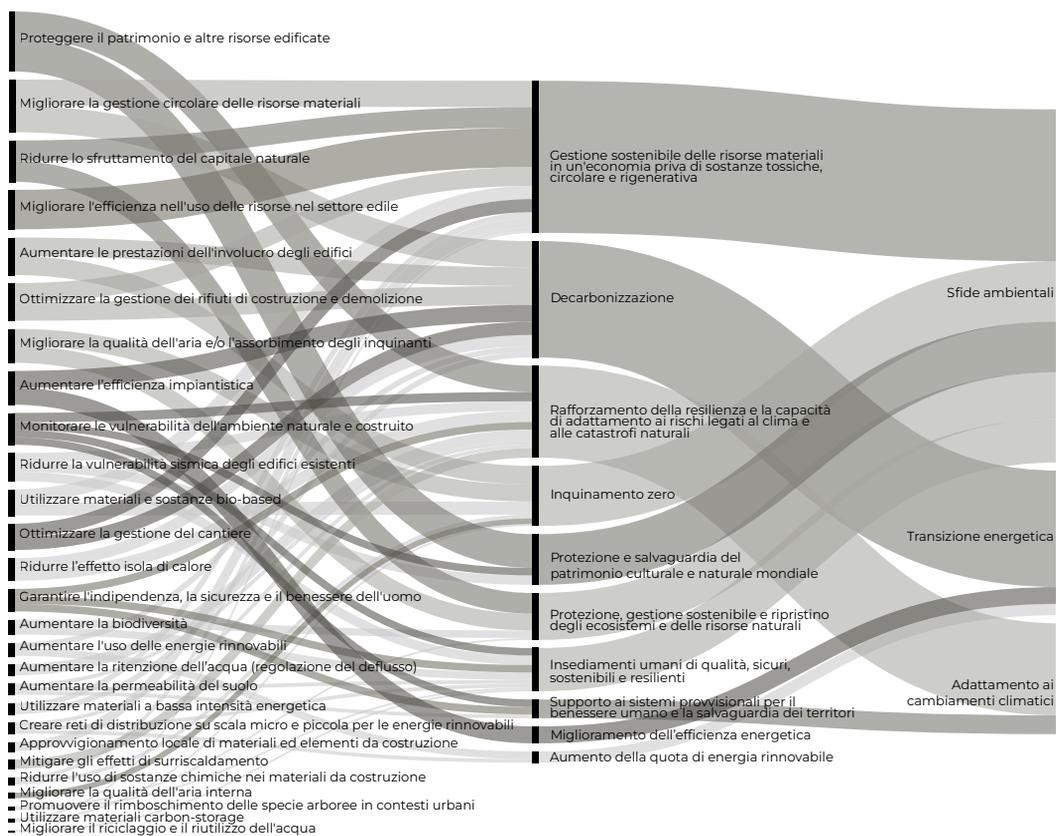


FIGURA 06

L'alluvial diagram che evidenzia il rapporto tra Ts/Ms e la sfida della digitalizzazione.







Volume 1	<b>Spoke 4</b> City, Architecture, Sustainable design	Il volume dello Spoke 4 "Città, Architettura e Design Sostenibile" racchiude i primi risultati del progetto iNEST conseguiti da Università Iuav di Venezia, Università degli Studi di Trieste, Università degli Studi di Padova, CORILA e CRESME.
A cura di	Mattia Bertin Susanna Piscicella Rosaria Revellini Daniela Ruggeri Chiara Semenzin Linda Zardo Elisa Zatta	L'obiettivo principale di Spoke 4 è attivare una collaborazione tra i diversi soggetti che partecipano alla trasformazione dell'ambiente costruito, per affrontare le sfide urbane e territoriali che interessano il Nord-Est. Lo Spoke si configura come un nodo di connessione tra i sottosistemi della trasformazione territoriale locale, promuovendo una rete collaborativa e sinergica tra le filiere e gli operatori del settore. L'attività dello Spoke si articola in tre temi di ricerca: "RT1 Strategic plan" definisce la cornice di sfondo e strategica dell'intera attività di ricerca; "RT2 Technological solutions for the construction and sustainable design sectors" e "RT3 Interaction between environments and human beings", studiano rispettivamente lo sviluppo di soluzioni tecnologiche e gli impatti sociali relativi alla transizione del settore delle costruzioni. A ciò si aggiungono e si sovrappongono le attività trasversali così come i progetti finanziati dei bandi rivolti alle aziende che si configurano come elemento fondante per la ricerca industriale dell'ecosistema iNEST.