



Alice Paola Pomè, Silvia Francesca Leoncini

CONSTRUCTION TECHNOLOGY E SMART REAL ESTATE

Soluzioni tecnologiche e modelli di business
nell'ecosistema PropTech italiano

Real Estate DOSSIER

FRANCOANGELI

Real Estate



I testi pubblicati nella Collana “Real Estate” vengono sempre sottoposti al giudizio di referees anonimi. L'accettazione del testo implica l'impegno da parte degli autori alla cessione dei diritti e conseguentemente che essi o parte di essi non siano stati pubblicati altrove. In occasione delle proposte editoriali, due referees anonimi (membri del comitato scientifico o esperti esterni al comitato) valutano la proposta in base a uno schema che viene fornito dall'editore.

La Collana è costituita da volumi che cercano di rispondere alle esigenze di studio e di approfondimento del mondo accademico e professionale, con tre linee di prodotti. La prima è rappresentata dai “Testi”, che hanno un taglio prevalentemente saggistico e metodologico; la seconda è costituita da “Strumenti e casi”, volumi che intendono affrontare gli argomenti con un approccio pragmatico e orientato alla soluzione di problemi ricorrenti. La terza sezione, chiamata “Dossier”, propone testi agili che approfondiscono tematiche verticali, per fornire dati e analisi utili alla comprensione di fenomeni e tendenze del mercato attuale.

COMITATO SCIENTIFICO

Oliviero Tronconi, *direttore della collana*

Andrea Ciaramella, *Politecnico di Milano*

Stefano Bellintani, *Politecnico di Milano*

Marzia Morena, *Politecnico di Milano*

Tim Bennet, *University College of Estate Management, Reading*

Mario Losasso, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Nick Nunnington, *Nottingham Trent University*

Maria Rita Pinto, *Università degli Studi di Napoli Federico II*

Giorgio Giallocosta, *Università degli Studi di Genova*

Eugenio Arbizzani, *Sapienza Università di Roma*

Michele Di Sivo, *Università degli Studi di Chieti Pescara*

Massimiliano Pulice, *Presidente RICS Italia*

Emanuela Curtoni, *Area Territorio Ambiente Assolombarda*

Elena de la Poza Plaza, *Universitat Politècnica de Valencia*

Fabrizio Tucci, *Sapienza – Università di Roma*

Luigi Alini, *Università degli Studi di Catania*

Silvano Curcio, *Sapienza – Università di Roma*

Maurizio D'Amato, *Politecnico di Bari*

Keith McKinnell, *Real Estate Academy China*

Declan McKeown, *Dublin Institute of Technology*

Victoria G. Borkovskaya, *Plekhanov Russian University of Economics*

Alevtina E. Balakina, *Moscow State University of Civil Engineering*

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Alice Paola Pomè, Silvia Francesca Leoncini

CONSTRUCTION TECHNOLOGY E SMART REAL ESTATE

Soluzioni tecnologiche e modelli di business
nell'ecosistema PropTech italiano



Real Estate DOSSIER

FRANCOANGELI

Grafica di copertina Elena Pellegrini

Isbn e-book: 9788835192978

Copyright © 2026 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

*L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore.
Sono riservati i diritti per Text and Data Mining (TDM), AI training e tutte le tecnologie simili.
L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della
licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it*

Eventuali link attivi presenti nel volume sono forniti dall'autore. L'editore non si assume
alcuna responsabilità sui link ivi contenuti che rimandano a siti
non appartenenti a FrancoAngeli.

L'autore dichiara che, nella fase di stesura del presente volume, ha utilizzato strumenti di IA
generativa esclusivamente per la revisione linguistica e l'ottimizzazione stilistica.

Il controllo finale dei contenuti e la responsabilità scientifica dell'opera
restano integralmente a carico dell'autore

Indice

Indice delle Figure	pag.	9
Indice delle Tabelle	»	11
Prefazione , di <i>Fabrizio Tacchino</i>	»	13
1. Nuovi paradigmi per progettare, realizzare e gestire edifici “smart & sustainable”	»	15
1.1. Le sfide ambientali	»	17
1.2. Le sfide digitali	»	19
1.3. L’edificio “smart & sustainable”	»	21
1.4. L’approccio metodologico	»	22
2. ConTech: Construction + Technology	»	25
2.1. Gli ambiti del ConTech	»	26
2.2. L’evoluzione del ConTech: dal tradizionale al digitale	»	27
2.3. I principali fattori nel processo di digitalizzazione del settore delle costruzioni	»	27
2.3.1. Crescente complessità dei progetti e urbanizzazione globale	»	28
2.3.2. Pressioni normative su sostenibilità e prestazioni energetiche	»	28
2.3.3. Carenza di manodopera: l’automazione robotica tra le risposte	»	30
2.3.4. Necessità di mitigare rischi, ritardi e inefficienze	»	30
2.3.5. Digitalizzazione e maturità delle tecnologie informatiche	»	32
2.4. Il ConTech nella mappatura dell’Italian PropTech Network	»	33

2.5. TimelapseLab: un esempio di Building Site & Project Management	pag.	34
2.5.1. Le tecnologie digitali	»	34
2.5.2. Business Model Canvas	»	35
2.5.3. Casi d'uso	»	36
2.6. Spektra: un esempio di Building Site & Project Management	»	39
2.6.1. Le tecnologie digitali	»	40
2.6.2. Business Model Canvas	»	41
2.6.3. Casi d'uso	»	42
2.7. Hausme: un esempio di Design & Consulting	»	47
2.7.1. Le tecnologie digitali	»	48
2.7.2. Business Model Canvas	»	49
2.7.3. Casi d'uso	»	51
2.8. Clev: un esempio di Design & Consulting	»	54
2.8.1. Le tecnologie digitali	»	55
2.8.2. Business Model Canvas	»	56
2.8.3. Casi d'uso	»	57
3. Lo Smart nel Real Estate	»	62
3.1. La potenza dei dati	»	63
3.2. Verso sistemi predittivi e adattivi	»	65
3.3. Smart e Real Estate: una opportunità di integrazione dei dati	»	66
3.4. EKORE: un esempio di integrated management & operations	»	67
3.4.1. Le tecnologie digitali	»	68
3.4.2. Business Model Canvas	»	68
3.4.3. Casi d'uso	»	70
3.5. iComfort: un esempio di Integrated Management & Operations	»	73
3.5.1. Le tecnologie digitali	»	74
3.5.2. Business Model Canvas	»	75
3.5.3. Casi d'uso	»	76
3.6. Spaceti: un esempio di Integrated Management & Operations	»	83
3.6.1. Le tecnologie digitali	»	83
3.6.2. Business Model Canvas	»	84
3.6.3. Casi d'uso	»	86
3.7. Smart Domotics: un esempio di smart and sustainable building	»	89
3.7.1. Le tecnologie digitali	»	90
3.7.2. Business Model Canvas	»	91
3.7.3. Casi d'uso	»	92

3.8. Matterport: un esempio di immersive visualization & experience	pag.	94
3.8.1. Le tecnologie digitali	»	95
3.8.2. Business Model Canvas	»	97
3.8.3. Casi d'uso	»	98
4. Tecnologia e continuità del ciclo di vita: integrazione, interdipendenza e traiettorie future	»	102
4.1. Integrazione e continuità tra ConTech e Smart Real Estate	»	103
4.2. Barriere e prospettive future	»	105
4.2.1. Le prospettive nel breve-medio periodo	»	107
Ringraziamenti	»	109
Bibliografia	»	111
Gli Autori	»	116

Indice delle Figure

Figura 1. La telecamera di TimelapseLab	pag.	35
Figura 2. L'insieme delle tecnologie utilizzate da Spektra nella gestione del cantiere	»	45
Figura 3. La piattaforma di Hausme e il sistema di calcolo finanziario ed energetico	»	52
Figura 4. L'interfaccia di Chatbot di Clev	»	59
Figura 5. Il software di EKORE con il modello 3D e i parametri di controllo	»	71
Figura 6. Il processo integrato di monitoraggio, analisi, definizione di un modello, evoluzione continua e attivazione dei processi implementato da iComfort	»	78
Figura 7. L'app di prenotazione degli spazi di Spaceti	»	87
Figura 8. La soluzione di Smart Domotics	»	93
Figura 9. Il rilevatore di Matterport	»	99

Indice delle Tabelle

Tabella 1. Le tecnologie digitali adottate da TimelapseLab	pag.	35
Tabella 2. Le tecnologie digitali adottate da Spektra	»	41
Tabella 3. Le tecnologie digitali adottate da Hausme	»	49
Tabella 4. Le tecnologie digitali adottate da Clev	»	56
Tabella 5. Le tecnologie digitali adottate da EKORE	»	68
Tabella 6. Le tecnologie digitali adottate da iComfort	»	75
Tabella 7. Le tecnologie digitali adottate da Spaceti	»	84
Tabella 8. Le tecnologie digitali adottate da Smart Domotics	»	90
Tabella 9. Le tecnologie digitali adottate da Matterport	»	96

Prefazione

Negli ultimi anni il settore delle costruzioni e del Real Estate ha attraversato una trasformazione silenziosa ma radicale e non è solo una questione di tecnologie digitali o nuovi strumenti, è un cambiamento di mentalità, di linguaggio e di approccio al valore.

Per decenni il mondo immobiliare si è mosso su logiche analogiche, dove l'esperienza e l'intuito guidavano le decisioni. Oggi, la conoscenza si costruisce sui dati, sulle connessioni e sulla capacità di leggere in modo integrato ciò che accade nei processi: la vera rivoluzione, non risiede nei software o nei sensori, ma nel modo in cui impariamo a usarli per unificare ciò che è sempre stato frammentato: la progettazione, la costruzione e la gestione dell'edificio. Le tecnologie digitali non sono un fine, ma un abilitatore di consapevolezza e attraverso la loro integrazione, possiamo passare da una visione statica del progetto a una visione dinamica, dove tempi, costi, performance e sostenibilità dialogano in tempo reale.

Nel mondo della "Construction Technology" e del "Property Technology", il punto di svolta è la continuità digitale: il flusso di informazioni che collega le fasi di vita di un immobile, dal concept alla manutenzione. Il BIM e la Business Intelligence, se utilizzati in modo coordinato, consentono oggi di creare un linguaggio comune tra chi costruisce, chi progetta e chi gestisce.

Non è più sufficiente modellare un edificio in 3D: occorre modellare le relazioni che lo circondano, i dati economici, energetici e manutentivi, fino a costruire un vero e proprio gemello digitale dell'attività aziendale.

In questo scenario, le imprese più innovative stanno imparando che la digitalizzazione non è un progetto da realizzare, ma un percorso da governare.

Serve una governance del dato, capace di trasformare le informazioni in decisioni, di alimentare la pianificazione e di misurare l'efficacia delle strategie.

Solo così la tecnologia diventa valore, e non costo.

Solo così la trasformazione digitale diventa trasformazione culturale.

Il futuro del Real Estate passa dalla capacità di connettere ecosistemi diversi: il mondo accademico, quello tecnologico e quello industriale.

Le startup PropTech rappresentano un acceleratore di innovazione, ma la loro forza si manifesta pienamente solo quando si innestano su un terreno imprenditoriale maturo, capace di valorizzarne il potenziale.

La sfida dei prossimi anni non sarà introdurre nuove piattaforme, ma creare interoperabilità tra quelle esistenti, favorendo standard condivisi e processi che parlino la stessa lingua.

Parallelamente, l'evoluzione verso la gestione digitale del ciclo di vita dell'edificio (dalla progettazione alla manutenzione, dal 4D al 7D) richiederà una visione integrata, in cui la tecnologia non si percepisce più come elemento esterno, ma come infrastruttura invisibile del pensiero organizzativo.

In questo scenario, inizieranno a emergere forme di automazione che oggi consideriamo ancora sperimentali: robot di cantiere capaci di aggiornare in tempo reale l'avanzamento lavori nei modelli digitali, droni che verificano la conformità rispetto al progetto, sistemi autonomi che dialogano direttamente con il gemello digitale dell'edificio. Non si tratta di sostituire il lavoro umano, ma di amplificarlo attraverso una nuova collaborazione tra persone, dati e macchine. La robotica, l'intelligenza artificiale e l'automazione avanzata diventeranno estensioni naturali della continuità digitale, rendendo i processi più sicuri, più prevedibili e più capaci di apprendere nel tempo. Come l'elettricità, le tecnologie digitali saranno ovunque, non le noteremo, ma non potremo farne a meno.

Il futuro che ci attende è fatto di dati che raccontano storie, di modelli che si aggiornano in tempo reale, di cantieri che dialogano con la direzione lavori, di edifici che comunicano il proprio stato e di processi decisionali sempre più basati sull'evidenza. In questo contesto, la competenza umana resta insostituibile: non per eseguire, ma per interpretare. Infatti, la tecnologia non sostituisce le persone, ma amplifica la loro capacità di comprendere e decidere. Per affrontare le sfide dei prossimi anni, servirà una nuova forma di leadership digitale, capace di unire visione, concretezza e cultura del dato. Una leadership che non si limiti a introdurre strumenti, ma che costruisca un ecosistema condiviso, dove innovazione, sostenibilità e valore economico si alimentano a vicenda.

La trasformazione del Real Estate non si misurerà più in quante tecnologie adottiamo, ma in quanto riusciamo a renderle invisibili, integrate nei processi e nel modo di pensare delle persone. Quando questo accadrà, potremo dire di aver davvero compreso il significato di "smart" nel costruire e nell'abitare.

Fabrizio Tacchino

Chief Digital Transformation Officer di ImpresaB4Tri

1. Nuovi paradigmi per progettare, realizzare e gestire edifici “smart & sustainable”

L’innovazione digitale nei settori delle costruzioni e del real estate ha dovuto attendere l’influenza di altri settori prima di potersi sviluppare in autonomia (Tagliaro *et al.*, 2024). L’ambiente costruito è, infatti, un sistema complesso e il mercato è fatto di una moltitudine di operatori che spesso risulta restia ad abbracciare un cambiamento. Nel primo volume di questa collana Dossier gli effetti della digitalizzazione nei settori sono stati delineati, mostrando come la trasformazione digitale risulta l’unico strumento da mettere in campo per superare alcune sfide socioeconomiche e ambientali che impattano notevolmente lo stesso settore (Tagliaro *et al.*, 2024).

Dall’analisi degli effetti della digitalizzazione nel settore emerge che le fasi del ciclo di vita immobiliare non siano più concepite come silos indipendenti, ma come ambiti progressivamente interconnessi, caratterizzati da una crescente compenetrazione di attività e operazioni che rafforza la continuità e l’integrazione tra le diverse fasi (Tagliaro *et al.*, 2025). Gli edifici non possono più essere considerati semplici sistemi tecnici, ma devono essere interpretati come complessi sistemi tecnologici e sociotecnici, nei quali componenti fisici, digitali e servizi si integrano in veri e propri *product-service systems* intelligenti. In aggiunta alla migliore connessione tra le diverse fasi del ciclo di vita e all’efficienzamento proprio della gestione dei manufatti edili, l’orientamento verso sistemi concepiti, creati e gestiti in modalità integrata risultano, infatti, l’unica possibilità per rispondere alle esigenze ambientali, sociali ed economiche richieste al settore.

L’ambiente costruito è responsabile di circa il 40% dell’energia consumata e dell’emissione di gas serra e il 50% dei materiali utilizzati (WorldGBC, 2021). Nonostante l’introduzione di diversi quadri legislativi da parte dell’Unione Europea a partire dall’inizio del millennio, si stima che solo il 25% del patrimonio edilizio europeo esistente sia conforme agli standard stabiliti. Gli edifici adibiti a servizi, in particolare, risultano obsoleti ed energivori, rappresentando circa il 25% della super-

ficie utile dell'UE27 più il Regno Unito – pari a 6,3 milioni di m² – e nel 44% dei casi risalgono agli anni Ottanta o a periodi precedenti (Verma, 2020). In aggiunta, la rapida urbanizzazione, che vede oltre il 60% della popolazione mondiale oggi residente in aree urbane (Hussain *et al.*, 2014), ha generato una maggiore pressione sia sulle infrastrutture sia su tutte le risorse delle città. Questo evidenzia la necessità di introdurre soluzioni digitali scalabili per permettere agli edifici di diventare sistemi intelligenti capaci di adattarsi a cambiamenti sia esogeni (come gli effetti dei cambiamenti climatici) sia endogene (come le diverse esigenze degli utenti) (Taboada-Orozco *et al.*, 2024). Inoltre, l'ambiente costruito rappresenta un'area strategica per lo sviluppo economico e sociale di una economia in quanto responsabile degli spazi che le persone vivono e utilizzano, occupandosi della progettazione, della costruzione, della gestione e del fine vita dell'intero ambiente costruito (Ikudayisi *et al.*, 2023).

La sfida che il settore deve affrontare non è esclusivamente ambientale, ma risulta anche digitale. Da una parte, la digitalizzazione richiede di efficientare i processi e ottimizzare la connessione tra le diverse fasi del ciclo di vita immobiliare; dall'altra il settore è chiamato a contribuire al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile.

Trattandosi di un settore complesso e multidisciplinare, che coinvolge diversi attori per le diverse fasi del suo ciclo, è storicamente caratterizzato da un'elevata frammentazione dei processi e delle responsabilità. Partendo dalla fase creativa e progettuale, l'edificio prende forma grazie al contributo di diversi attori che si occupano dell'architettura e dell'ingegnerizzazione del manufatto che viene poi realizzato attraverso la sua costruzione e gestito in tutta la fase di vita. La separazione delle diverse fasi è dovuta principalmente alla presenza di una filiera particolarmente complessa e alla natura temporanea dei team di progetto che si occupano di attività specifiche e circoscritte (Ikudayisi *et al.*, 2023).

In questo contesto è nata l'esigenza di efficientare i processi relativi al settore per ottenere delle prestazioni più in linea con le nuove esigenze di sviluppo sostenibile, definite a livello internazionale dalle Nazioni Unite con la pubblicazione dell'Agenda 2030 in cui sono stati elaborati 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (Sustainable Development Goals, SDG) che prevedono la trasformazione delle società mondiali in economie sostenibili (UN, 2015).

Il ruolo centrale del settore nel raggiungimento degli SDG impone di affrontare in modo sistemico le sfide ambientali integrando quelle digitali, come chiaramente espresso dal paradigma della *Twin Transition*, la transizione gemella, definita dal Green Deal europeo (2019; 2024).

Il Green Deal europeo (2019) ha avviato la cosiddetta transizione verde all'interno del proprio programma di crescita sostenibile, reinterpretando le sfide del cambiamento climatico come opportunità di crescita dell'economia europea. Infatti, tale agenda vuole non solo mitigare

le conseguenze del cambiamento climatico, ma ambisce a rafforzare l'autosufficienza energetica del continente, facendolo diventare il primo continente ad impatto zero al mondo. Al centro di questo programma vi è il principio di economia circolare come politica abilitante dell'uso efficiente delle risorse e della crescita economica sostenibile, soprattutto in quei settori ad alta intensità di utilizzo di risorse, come quello delle costruzioni e del real estate (European Commission, 2020). Parallelamente l'Industria 4.0 rappresenta un'altra transizione essenziale per il raggiungimento di tali obiettivi, riferendosi ai grandi cambiamenti nella progettazione, produzione e gestione dell'ambiente costruito, segnando la quarta rivoluzione industriale nota come rivoluzione digitale (Davies, 2015).

Quindi, per il settore delle costruzioni e del real estate, la digitalizzazione è riconosciuta come il fattore abilitante per la riduzione degli impatti ambientali, l'integrazione dei processi delle diverse fasi del ciclo di vita, l'ottimizzazione dell'efficienza operativa e l'allineamento continuo dei requisiti richiesti dagli utilizzatori degli spazi (Askar *et al.*, 2024).

Concepire l'ambiente costruito non più come un'entità statica ma come un sistema sociotecnico dinamico, capace di incorporare i principi di circolarità, la modularità, la flessibilità e servizi digitali, significa promuovere lo sviluppo sostenibile. In particolare, il concetto di resilienza risulta fondamentale per trasformare l'ambiente costruito in un sistema dinamico che risponde al cambiamento delle esigenze degli utilizzatori e alle pressioni messe in atto dal cambiamento climatico. Nel contesto dell'ambiente costruito, una struttura resiliente è capace di assorbire in modo rapido gli impatti dovuti a un qualsiasi shock (Bruneau, Reinhorn, 2006). Per questo, la resilienza dell'ambiente costruito rappresenta una risorsa per mitigare le perdite a seguito di disastri ambientali (Lee, Ellingwood, 2017). Siccome l'aumento della resilienza non implica necessariamente un aumento della sostenibilità delle strutture, il settore deve valutare in modo olistico le prestazioni ambientali rispetto ai rischi naturali (Felicioni *et al.*, 2023). La valutazione della sostenibilità di un ambiente costruito che sia anche resiliente permette di tradurre le problematiche di progettazione in metriche sintetiche a supporto dei processi decisionali che influenzano l'intero ciclo di vita (Tanguay, Ben Amor, 2024). Con questo approccio, quindi, risulta fondamentale riuscire a integrare i processi che avvengono in fase di progettazione e costruzione con quelli che avvengono durante la fase gestionale e operativa degli edifici.

Pur riconoscendo l'importanza di definire politiche di riduzione degli impatti ambientali degli edifici, l'approccio regolamentare e legislativo si è focalizzato principalmente sull'esigenza di ridurre i soli impatti energetici. L'efficienza energetica e l'integrazione delle fonti rinnovabili sono stati i pilastri alla base del quadro normativo europeo e italiano. A

1.1. Le sfide ambientali

partire dalla Legge 10/1991¹, che ha introdotto per la prima volta obblighi espliciti di contenimento dei consumi energetici e la necessità di una progettazione energetica degli edifici, l'evoluzione normativa ha progressivamente rafforzato questo orientamento. I successivi decreti legislativi, attuativi della prima Direttiva europea sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD I), hanno definito requisiti prestazionali stringenti in termini di isolamento dell'involucro e rendimento degli impianti, consolidando una visione della sostenibilità fortemente ancorata alla riduzione dei fabbisogni energetici. Questa impostazione è stata ulteriormente rafforzata con l'introduzione del concetto di edificio a energia quasi zero (nZEB), che estendono agli edifici di nuova costruzione l'obbligo di prestazioni energetiche estremamente elevate e di integrazione delle fonti rinnovabili. L'insieme di tali obblighi legislativi, inoltre, mostra come la direzione normativa si sia focalizzata principalmente sulle fasi di costruzione o ristrutturazione degli edifici, lasciando in secondo piano la fase di gestione e di utilizzo.

In parallelo, strumenti tecnici come la norma UNI EN 16247² sulle diagnosi energetiche rafforzano ulteriormente l'approccio *energy-driven*, fornendo metodologie standardizzate per la misurazione e l'ottimizzazione dei consumi, spesso finalizzate al conseguimento di certificazioni di efficienza energetica. Sebbene tali riferimenti includano, in modo diretto o indiretto, anche aspetti legati alla valutazione ambientale e all'economia circolare, emerge chiaramente come la regolamentazione abbia privilegiato una lettura della sostenibilità fortemente orientata alla dimensione energetica, lasciando ancora margini di sviluppo per un'integrazione più sistematica delle dimensioni materiali, circolari e di ciclo di vita nella progettazione e riqualificazione degli edifici industriali.

Nella volontà di ampliare l'analisi esclusiva degli apporti energetici, emergono numerosi contesti applicativi che integrano la valutazione degli impatti ambientali, includendo anche aspetti legati alle perdite indotte da pericoli naturali nell'ambiente costruito. Queste diverse esperienze costituiscono dei framework, molto spesso esclusivamente metodologici, che combinano metriche economiche, sociali e ambientali per fornire valutazioni di sostenibilità (Tanguay, Ben Amor, 2024). La sfida, quindi, per il settore delle costruzioni e del real estate risiede nell'efficientare le prestazioni ambientali degli edifici lungo l'intero ciclo di vita. Il conseguimento di tale obiettivo richiede tuttavia un'evoluzione dei modelli operativi e gestionali, che può essere perseguita solo attraverso un'adeguata trasformazione digitale del settore, in grado di connettere dati, pro-

¹ Accessibile al seguente link: www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:legge:1991-01-09;10.

² Accessibile al seguente link: <https://store.uni.com/uni-cei-en-16247-1-2022>.

cessi e decisioni tra le diverse fasi del ciclo di vita immobiliare, come ben rappresentato dalla *twin transition* europea.

Momenti di profonda trasformazione tecnologica ed economica hanno sempre coinciso con una nuova fase dell'industrializzazione. Le rivoluzioni industriali sono, infatti, definibili come quei momenti in cui un connubio di fattori porta a rimodellare i sistemi produttivi e risulta capace di generare conseguenze politiche e sociali di ampia portata. Se proviamo a delineare il processo che è avvenuto nella storia dell'umanità comprendiamo come ogni fase ha portato ad alcuni cambiamenti che non si sono fermati alla sola produzione di manufatti, ma hanno modificato intere società. La Prima rivoluzione industriale, accaduta sul finire del XVIII secolo, portò alla meccanizzazione dei processi produttivi grazie all'energia creata dal vapore. La Seconda, tra il XIX e XX secolo, vede l'affermazione della produzione di massa, abilitata dall'elettricità. La Terza, negli anni Settanta del Novecento, introduce l'automazione basata sull'elettronica e sulle tecnologie dell'informazione. La Quarta, iniziata negli anni 2010, ha portato alla digitalizzazione sistemica attraverso l'introduzione di tecnologie digitali (Demir *et al.*, 2019; Nahavandi, 2019).

Ciascuna fase riflette una diversa concezione della funzione della tecnologia all'interno dei sistemi produttivi. Inizialmente, la tecnologia ricopriva un ruolo esclusivamente meccanico, di supporto del lavoro umano, con l'obiettivo di aumentare la produttività fisica senza incidere in modo significativo sui processi decisionali, che rimanevano esclusiva prerogativa degli operatori. Con l'avvento, invece, della quarta fase – Industria 4.0, la tecnologia, diventando digitale, permette di trasformare i sistemi tradizionali in sistemi interconnessi e intelligenti, capaci di ottimizzare in modalità autonoma i processi attraverso l'uso dei dati in tempo reale (Tagliaro *et al.*, 2025). L'automazione e l'integrazione di diversi processi, avvenuta grazie alle tecnologie digitali, come network di Internet of Things (IoT), Digital Twin, Artificial Intelligence (AI) e Machine Learning (ML), ha privilegiato l'efficienza, le prestazioni e la riduzione dei costi, trascurando, però, la dimensione umana e ambientale (Maddikunta *et al.*, 2022). Inoltre, la spinta verso una iper-connettività e una estrema integrazione dei sistemi ha introdotto alcune vulnerabilità, che riguardano i rischi di cybersicurezza, la possibilità di collassi dei sistemi in caso di malfunzionamento e la concessione di un potere anche decisionale alle tecnologie (Özdemir, Hekim, 2018).

È proprio in risposta a queste criticità che è emersa una quinta fase, Industria 5.0, concepita non come una mera progressione lineare del processo di rivoluzione industriale, ma come un paradigma complementare all'Industria 4.0 (Demir *et al.*, 2019). Non rappresentando una mera estensione dell'Industria 4.0, viene definita dalla Commissione Europea

1.2. Le sfide digitali