

Andrea Campioli, Massimo Lauria,
Adriano Magliocco, Lia Marchi
(a cura di)

Better Policy

**Strategie, strumenti e linee guida
per LCA, decarbonizzazione, circolarità
e smartness nel settore delle costruzioni**



Ricerche di tecnologia dell'architettura

FrancoAngeli 



RICERCHE DI TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA

diretta da Jacopo Gaspari (Università di Bologna)

Comitato scientifico:

Laura Aelenei (LNEG), Alessandra Battisti (Sapienza Università di Roma),
Andrea Campioli (Politecnico di Milano), Pietromaria Davoli (Università di Ferrara),
Gareth Doherty (Harvard University), Stephen Emmitt (University of Bath),
Maria Luisa Germanà (Università di Palermo), Antonin Lupisek (Czech Technical
University in Prague), Antonello Monsù Scolaro (Università di Sassari),
Francesco Pilla (University College Dublin), Rosa Schiano-Phan (University
of Westminster), Antonella Violano (Università della Campania Luigi Vanvitelli).

La storica collana *Ricerche di Tecnologia dell'architettura* ha avuto, fin dalle origini, il desiderio di rappresentare la disciplina della tecnologia dell'architettura nelle sue diverse forme di relazione con il progetto di architettura, la trasformazione dell'ambiente costruito e gli operatori del settore edilizio. Nel corso dei decenni, ha pubblicato volumi che hanno descritto le traiettorie di innovazione e i cambiamenti culturali nel settore dell'edilizia, contribuendo a mantenere aggiornato l'ambito disciplinare.

Ricerche di Tecnologia dell'architettura raccoglie gli esiti di progetti di ricerca nazionali e internazionali, studi e ricerche sperimentali, tesi di dottorato di ricerca riguardanti teorie e metodi inerenti materiali e sistemi costruttivi, architettura sostenibile e riqualificazione, efficienza energetica e transizione a emissioni zero, approcci di economia circolare nel settore delle costruzioni.

Oltre al riconosciuto valore scientifico e accademico, la collana costituisce un apprezzato strumento di supporto nel campo dell'architettura e dell'ingegneria con spunti operativi per la professione, distinguendosi per il suo impegno nel descrivere la continua evoluzione della Tecnologia dell'architettura e dei suoi confini che, nel corso del tempo, si sono estesi per ricomprendere interessi di ricerca contigui, tra cui tecnologie digitali, modelli e processi avanzati, concept e servizi di progettazione innovativi in una prospettiva più ampia, orientata a dare risposte alle sfide future e agli impatti del cambiamento climatico sulle città contemporanee.

La collana nasce nel 1974 sotto la direzione di Raffaella Crespi e Guido Nardi. A partire dal 2012 la valutazione delle proposte è stata sottoposta a referaggio da parte di un Comitato scientifico diretto da Giovanni Zannoni, con lo scopo di individuare e selezionare i contributi più interessanti nell'ambito della Tecnologia dell'architettura. Dal 2025 questo incarico viene assunto da Jacopo Gaspari, ampliando gli ambiti di interesse alle discipline di confine della materia. I numerosi volumi pubblicati in questi anni delineano un efficace panorama dello stato e dell'evoluzione della ricerca nel settore della Tecnologia dell'architettura con alcuni testi che sono diventati delle basi fondative della disciplina.

A partire dal numero 87 della collana i volumi sono sottoposti a referaggio.



Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più: [Pubblica con noi](#)

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.

Andrea Campioli, Massimo Lauria,
Adriano Magliocco, Lia Marchi
(a cura di)

Better Policy

**Strategie, strumenti e linee guida
per LCA, decarbonizzazione, circolarità
e smartness nel settore delle costruzioni**

Ricerche di tecnologia dell'architettura

FrancoAngeli 

Questa pubblicazione è un prodotto del progetto di ricerca *Better Policy | Linee guida e protocolli per la gestione dei processi guidati dalle Pubbliche Amministrazioni nel settore delle costruzioni in Italia, 2024-2025*, finanziato dall'Unione europea – Next Generation EU – PNRR – M4C2 – Investimenti 1.1. “Progetti di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN)”.

Il programma di ricerca ha coinvolto quattro Unità Operative (U.O.), ovvero l'Università degli Studi di Genova (con *Principal Investigator* di progetto e *Associated Investigator* di sede il Prof. Adriano Magliocco), l'Università degli Studi di Bologna (con *Substitute Principal Investigator* di progetto e *Associated Investigator* di sede il Prof. Jacopo Gaspari), l'Università degli Studi “Mediterranea” di Reggio Calabria (con *Associated Investigator* di sede il Prof. Massimo Lauria) e il Politecnico di Milano (con *Associated Investigator* di sede il Prof. Andrea Campioli).

Ciascuna U.O. è composta dai seguenti gruppi di lavoro: Adriano Magliocco, Maria Canepa e Margherita Pongiglione (Università degli Studi di Genova), Jacopo Gaspari, Ernesto Antonini e Lia Marchi (Università degli Studi di Bologna), Massimo Lauria, Maria Azzalin, Francesca Giglio, Giovanna Maria La Face (Università degli Studi “Mediterranea” di Reggio Calabria) e Andrea Campioli, Monica Lavagna, Ilaria Oberti, Anna Dalla Valle, Serena Giorgi e Davide Tirelli (Politecnico di Milano).

La collana adotta il sistema di revisione double-blind peer-review, pertanto tutti i contributi del volume sono stati soggetti a revisione da parte di esperti del tema.

Ogni autore è responsabile dei contenuti, dei dati, delle figure e delle immagini inclusi nel proprio capitolo. L'editore non si assume alcuna responsabilità per eventuali usi impropri o comportamenti scorretti.

Isbn e-book Open Access: 9788835183877

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

Pubblicato con licenza *Creative Commons*
Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale
(CC-BY-NC-ND 4.0).

Sono riservati i diritti per Text and Data Mining (TDM), AI training e tutte le tecnologie simili.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore.
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
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Indice

Introduzione	pag.	9
1. LCA nel settore edilizio: il ruolo delle PA , di <i>Andrea Campioli, Monica Lavagna e Ilaria Oberti</i>	»	13
1.1. Metodologia LCA nelle policy del settore edilizio	»	13
1.2. Integrazione nella pianificazione e negli appalti pubblici	»	19
1.3. Principi di <i>change management</i> per le PA	»	24
<i>Riferimenti bibliografici</i>	»	29
2. Metodologia LCA: verso un'integrazione operativa nelle policy italiane , di <i>Davide Tirelli, Anna Dalla Valle e Serena Giorgi</i>	»	31
2.1. Dalla teoria alla pratica: valutazione LCA per le Pubbliche Amministrazioni	»	31
2.2. LCA nelle PA: specifiche metodologiche e strumenti di supporto	»	36
2.3. <i>Benchmark</i> e valori limite LCA: <i>best practices</i> nel contesto europeo	»	45
2.4. La costruzione di <i>benchmark</i> e valori limite LCA per il settore edilizio: il quadro europeo	»	49
<i>Riferimenti bibliografici</i>	»	52
3. La decarbonizzazione nel processo edilizio , di <i>Maria Canepa</i>	»	56
3.1. La riduzione delle emissioni di CO ₂ come obiettivo delle politiche insediative	»	57
3.2. <i>Operational carbon</i> vs <i>embodied carbon</i>	»	60
3.3. L'integrazione dei criteri di decarbonizzazione nelle strategie di progettazione e costruzione	»	63
<i>Riferimenti bibliografici</i>	»	68

4. Indicatori e strumenti di valutazione per la decarbonizzazione , di <i>Adriano Magliocco</i>	pag.	71
4.1. Indicatori per la valutazione dell'impronta di carbonio	»	71
4.2. Approccio alla quantificazione del carbonio incorporato	»	75
4.3. Sfide per la decarbonizzazione in ambito urbano	»	82
<i>Riferimenti bibliografici</i>	»	88
5. Green and Digital Transformation: la smartness per la sostenibilità nel ciclo di vita , di <i>Massimo Lauria, Maria Azzalin, Francesca Giglio e Giovanna Maria La Face</i>	»	90
5.1. Quadro europeo per la trasformazione <i>green and digital</i> nel settore delle costruzioni	»	90
5.2. Sostenibilità energetico-ambientale e <i>smartness</i> degli edifici	»	94
5.3. Policy delle Pubbliche Amministrazioni: indirizzi normativi e barriere	»	98
<i>Riferimenti bibliografici</i>	»	105
6. Smart Readiness Indicator e processi decisionali pubblici green and digital , di <i>Massimo Lauria, Maria Azzalin, Francesca Giglio e Giovanna Maria La Face</i>	»	108
6.1. <i>Smart Readiness Indicator</i>	»	108
6.2. Integrazione dello SRI nelle policy nazionali	»	114
6.3. Metriche, <i>benchmark</i> , linee guida	»	121
<i>Riferimenti bibliografici</i>	»	126
7. Applicazione dei principi di circolarità negli strumenti delle Pubbliche Amministrazioni , di <i>Lia Marchi, Ernesto Antonini, Jacopo Gaspari</i>	»	129
7.1. Panoramica del quadro strategico, normativo e legislativo sulla circolarità nel settore delle costruzioni	»	129
7.2. Strategie circolari per il settore delle costruzioni	»	135
7.3. Strumenti per il calcolo della circolarità dei materiali e dei componenti edilizi	»	139
<i>Riferimenti bibliografici</i>	»	144
8. Criteri e indicatori per la circolarità , di <i>Lia Marchi</i>	»	148
8.1. Criteri e metriche di circolarità per il recupero e il riutilizzo dei materiali nelle costruzioni	»	150

8.2 Criteri e metriche di circolarità per la durabilità, disassemblabilità, adattabilità nelle costruzioni	pag.	152
8.3. Casi studio e buone pratiche di economia circolare per i bandi pubblici	»	156
<i>Riferimenti bibliografici</i>	»	165
Linee Guida Integrate	»	169
Gli Autori	»	219

3. La decarbonizzazione nel processo edilizio

di Maria Canepa¹

¹ Università degli Studi di Genova, Dipartimento Architettura e Design

Affrontare la sfida della decarbonizzazione richiede uno sforzo globale e coordinato da parte di governi, industrie e comunità. È essenziale adottare politiche e pratiche sostenibili che favoriscano la transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio. Gli accordi europei forniscono obiettivi chiari e tappe intermedie verso i traguardi nazionali di decarbonizzazione. Il *Green Deal* europeo, firmato nel dicembre 2019, impegna l'Europa e l'Italia a guidare l'Unione Europea verso la neutralità climatica entro il 2050, il che significa raggiungere emissioni nette di gas serra pari a zero entro la metà del secolo. La Risoluzione del Parlamento Europeo del 15 gennaio 2020 sottolinea la necessità di ristrutturare gli edifici esistenti per raggiungere edifici a energia quasi zero entro il 2050 e incoraggia la promozione delle costruzioni in legno e dei materiali edilizi ecologici.

3.1. La riduzione delle emissioni di CO₂ come obiettivo delle politiche insediative

La decarbonizzazione può essere definita come “la somma delle azioni umane volte a ridurre le emissioni di anidride carbonica derivanti da attività antropiche” (IPCC, 2022). Tali azioni risultano essenziali per raggiungere la “stabilizzazione delle concentrazioni di gas serra nell'atmosfera a un livello tale da prevenire pericolose interferenze antropiche con il sistema climatico”, come indicato nella Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), adottata nel 1992.

Le emissioni di gas serra (*Greenhouse Gases*, GHG) rappresentano uno dei principali fattori che contribuiscono ai cambiamenti climatici. La loro quantificazione e riduzione sono essenziali per mitigare l'impatto delle attività umane sull'ambiente. I principali gas serra includono l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄) e il protossido di azoto (N₂O). Misurare le emissioni di GHG è fondamentale per valutare l'efficacia delle politiche ambientali e per sviluppare strategie di mitigazione. Ciò rende le emissioni

di gas serra un indicatore chiave della sostenibilità ambientale e della responsabilità ecologica delle attività umane (Ritchie *et al.*, 2023).

Due importanti standard internazionali per la contabilizzazione e la rendicontazione delle emissioni di gas serra meritano di essere menzionati: il *Greenhouse Gas Protocol* (GHGP) e la norma ISO 14064-1:2018 dell'Organizzazione Internazionale per la Normazione (ISO). Il *Greenhouse Gas Protocol* (GHGP) è uno degli standard internazionali più utilizzati per la contabilizzazione e la rendicontazione delle GHG: sviluppato dal *World Resources Institute* (WRI) e dal *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), fornisce linee guida dettagliate per le aziende e le organizzazioni su come misurare e gestire le proprie emissioni (WRI & WBCSD, 2004).

La norma ISO 14064-1:2018 è un altro standard riconosciuto a livello internazionale che aiuta le organizzazioni a sviluppare un inventario delle emissioni di gas serra e a implementare strategie di gestione per ridurle. Essa specifica i principi e i requisiti per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di GHG a livello organizzativo (ISO, 2018).

L'impronta di carbonio (*carbon footprint*) è un indicatore ambientale utilizzato per quantificare la quantità totale di emissioni di gas serra prodotte, direttamente o indirettamente, da un individuo, un'organizzazione, un evento o un prodotto. Questa metrica è fondamentale per valutare l'impatto ambientale delle attività umane e per sviluppare strategie di riduzione delle emissioni in linea con gli obiettivi climatici globali. L'impronta di carbonio è generalmente espressa in termini di equivalenti di anidride carbonica (CO₂e), per consentire il confronto tra diversi gas serra, tra cui CO₂, metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O) (Wright *et al.*, 2011).

Gli sforzi di decarbonizzazione in Italia si concentrano principalmente sulla riduzione delle emissioni di gas serra diminuendo il consumo di combustibili fossili attraverso strategie di efficienza energetica e aumentando la produzione di energia rinnovabile nei settori civile e industriale. Sebbene indirettamente correlati, questi interventi incidono anche sull'energia e sul carbonio incorporato legati alla produzione. Anche se alcune linee guida si trovano nei documenti di strategia per la sostenibilità ambientale, la decarbonizzazione non è esplicitamente collegata alle strategie e ai piani di adattamento, che danno priorità alla gestione degli impatti dei cambiamenti climatici (MISE, MATTM & MIT, 2020).

Le politiche di decarbonizzazione dovrebbero orientare il sistema energetico italiano verso le rinnovabili, con la dismissione del carbone entro il 2025. Il gas naturale e altri combustibili fossili diminuiranno gradualmente, lasciando spazio alle rinnovabili. Per sostenere questa transizione nel settore agricolo, sono previste misure come l'installazione di impianti fotovoltaici

sugli edifici rurali, la promozione dei sistemi agro-fotovoltaici, la produzione di biogas, biomassa agroforestale e biometano. È necessaria un'attenta valutazione degli impianti a terra per limitare il consumo di suolo, mantenere la fertilità e preservare i servizi ecosistemici, il paesaggio e la biodiversità. La produzione di energia nelle aziende agricole deve integrare, e non competere con, la produzione alimentare (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), 2022).

Le trasformazioni del sistema energetico sono fondamentali per il successo della transizione ecologica, non solo per la riduzione delle emissioni ma anche per modificare il suo utilizzo nei settori domestico, industriale e dei trasporti. Accelerare lo sviluppo del settore elettrico è essenziale, superando la quota del 22% raggiunta nel 2018, soprattutto considerando la crescita attesa nei trasporti e negli edifici. Una maggiore diffusione della mobilità elettrica e delle pompe di calore negli edifici residenziali favorirà questo processo, puntando a superare il 50% in uno scenario di decarbonizzazione. Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) prevede l'installazione di 31.500 punti di ricarica ultrarapidi per veicoli elettrici.

Secondo l'Osservatorio Italiano sulla Povertà Energetica (OIPE), circa 2,3 milioni di famiglie (8,8% del totale) non sono state in grado di riscaldare adeguatamente le proprie abitazioni durante l'inverno del 2018, registrando un aumento di 1,5 punti percentuali rispetto ai quattro anni precedenti e raggiungendo il valore più alto dal 1997. Includendo anche il raffrescamento, le stime di RSE indicano che la povertà energetica riguarda circa il 13% delle famiglie italiane (3,3 milioni) e il 16% degli individui (9,6 milioni di persone), una tendenza peggiorata dalla recente crisi economica e destinata a crescere ulteriormente. Le famiglie che affrontano difficoltà economiche, sociali e abitative rischiano la salute a causa dell'esposizione prolungata a temperature inferiori ai 18 °C, considerate pericolose dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), nonché per l'eccessiva esposizione al calore, aggravata dai cambiamenti climatici e dall'aumento della durata delle ondate di calore. Il Piano per la Transizione Ecologica (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), 2022) mira a ridurre la povertà energetica tra le famiglie attraverso misure strutturali che vadano oltre lo strumento del "bonus sociale", promuovendo l'efficienza energetica nelle abitazioni con supporto finanziario e un accesso più semplice alle iniziative disponibili.

Accelerare lo sviluppo delle energie rinnovabili è cruciale, considerando fattori come la potenza elettrica richiesta, i tassi di installazione, l'uso del suolo, l'adattamento della rete e la distribuzione dei sistemi di accumulo. L'Italia punta a un mix energetico quasi completamente rinnovabile entro il 2050, con un ruolo predominante della tecnologia solare fotovoltaica, stimando una capacità installata compresa tra 200 e 300 GW. Per raggiungere gli

obiettivi intermedi entro il 2030, sono necessari circa 70-75 GW di nuova capacità rinnovabile. È essenziale superare ostacoli come le difficoltà autorizzative e la lentezza nella crescita della capacità. La Strategia a Lungo Termine evidenzia anche la necessità di sistemi di accumulo elettrochimico e di produzione di idrogeno verde per gestire la sovrapproduzione energetica. Le misure legislative danno priorità alle strutture edificate per le installazioni, semplificando le procedure di autorizzazione e garantendo un adeguato supporto regionale attraverso una piattaforma digitale. I progetti sull'idrogeno verde, inizialmente nei settori *hard to abate*, saranno avviati entro il 2026, con successivo focus su efficienza dei costi e distribuzione (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), 2022).

Particolare attenzione deve essere rivolta al settore agricolo, per il suo ruolo fondamentale nell'economia nazionale e per il suo potenziale di stoccaggio del carbonio nei suoli, nonché per la riduzione delle emissioni di metano e ossido di diazoto. Entro il 2050, le emissioni residue dovranno essere compensate tramite un programma di riforestazione, anche in aree urbane, e pratiche di gestione forestale sostenibile. Inoltre, sarà necessario promuovere l'uso a cascata delle risorse legnose in sostituzione dei prodotti strutturali ad alta emissione, con l'obiettivo di incrementare progressivamente la capacità di assorbimento di carbonio oltre i livelli attribuiti dall'UE o previsti dall'attuale Piano Nazionale di Contabilità Forestale, in linea con la Strategia Forestale Nazionale promossa dal Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste (MASAF).

La Politica Agricola Comune 2023-2027 (PAC, 2023) considera la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici come obiettivi chiave. Ciò include la riduzione delle emissioni di gas serra, il miglioramento del sequestro di carbonio e la promozione di pratiche energetiche sostenibili nel settore agricolo, considerando che l'agricoltura nell'UE contribuisce a circa il 12% di tutte le emissioni di gas serra, con fermentazione enterica dei ruminanti, suoli agricoli, cambiamenti d'uso del suolo e gestione dei reflui come principali fonti. Sebbene le emissioni agricole dell'UE siano diminuite del 22% tra il 1990 e il 2016, si sono stabilizzate dal 2010 intorno ai 490 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente all'anno. Le strategie per ridurre tali emissioni includono tecnologie e pratiche agricole di mitigazione, sequestro del carbonio nei suoli, produzione sostenibile di biomassa, riduzione dell'intensità dei combustibili fossili e minimizzazione delle perdite e degli sprechi nella produzione agricola.

Sebbene tali strategie non siano direttamente collegate al settore edilizio, le iniziative di riforestazione possono essere attuate anche in aree urbane e i residui agricoli possono essere utilizzati per produrre materiali da costruzione a basso impatto, evidenziando potenziali approcci trasversali agli sforzi di decarbonizzazione. In Italia, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza

Energetica (MASE) (2022) ha avviato iniziative di riforestazione urbana in conformità con il decreto-legge del 14 ottobre 2019, n. 111, convertito con la legge n. 141 del 12 dicembre 2019. L'articolo 4 di tale decreto-legge prevede un programma sperimentale di piantumazione di alberi, comprese installazioni a ciclo medio e lungo, per interventi di rimboschimento e forestazione, e per la creazione di foreste urbane e periurbane nelle città metropolitane.

Il Ministero, in collaborazione con la Conferenza Unificata, ha definito le modalità di pianificazione degli interventi e assegnato le risorse sulla base di criteri di selezione come il valore ambientale e sociale, la riqualificazione delle aree, la qualità dell'aria e la localizzazione in aree soggette a procedure d'infrazione comunitarie. Nel 2019, le città metropolitane hanno sviluppato o selezionato progetti conformi ai requisiti di ammissibilità, con il finanziamento di 34 progetti per un totale di 14.827.001,01 €. Nel 2021, sono stati finanziati 38 progetti per un totale di 7.878.478,94 €. Con ulteriori fondi del PNRR, è stato pubblicato un nuovo bando per interventi di riforestazione urbana, periurbana ed extraurbana nelle città metropolitane per gli anni 2023/2024. Queste iniziative mirano a migliorare la qualità dell'aria e contribuire al sequestro del carbonio, utilizzando gli alberi come pozzi di assorbimento di CO₂.

3.2. Operational carbon vs embodied carbon

Per quanto riguarda l'ambito edilizio, il carbonio operativo (*operational carbon*) si riferisce alle emissioni di gas serra prodotte durante la fase operativa di un edificio. Ciò include il consumo energetico per riscaldamento, raffrescamento, illuminazione e alimentazione delle apparecchiature elettriche, oltre alle emissioni derivanti da attività di manutenzione e riparazione. Le principali fonti di carbonio operativo sono quindi legate all'efficienza energetica dei sistemi e all'uso quotidiano delle risorse (World Green Building Council, 2019).

Il carbonio incorporato (*embodied carbon*) è principalmente associato alla fase iniziale di costruzione e comprende le emissioni derivanti dalla produzione dei materiali, dal trasporto e dai processi di costruzione. Include l'estrazione delle materie prime, la fabbricazione dei materiali da costruzione, il loro trasporto al sito di costruzione e i processi costruttivi stessi. Inoltre, il ciclo di vita del carbonio incorporato si estende anche alle fasi di utilizzo, demolizione e smaltimento dell'edificio, includendo il potenziale riciclo dei materiali (World Green Building Council, 2019).

Secondo Tigani *et al.* (2024), esistono diverse metodologie per valutare il carbonio incorporato, ciascuna con un approccio specifico alla

valutazione degli impatti ambientali, tra cui: la *Whole Building Life Cycle Assessment* (WBLCA), la *Environmental Material Assessment* (EMA) e la certificazione *Cradle-to-Cradle* (C2C). Analizzando di seguito nello specifico:

- La WBLCA valuta l'impatto ambientale di un intero edificio lungo tutto il suo ciclo di vita, con particolare attenzione al carbonio incorporato nei materiali da costruzione (Futas, Rajput & Schiano-Phan, 2019).
- La EMA valuta l'impatto ambientale dei materiali o dei prodotti in base alle loro proprietà fisiche e chimiche, considerando fattori come l'esaurimento delle risorse, la tossicità e le emissioni di gas serra (Ibidem).
- La C2C valuta i prodotti sulla base di criteri di sostenibilità ambientale e sociale, tra cui la salubrità dei materiali, la riciclabilità e l'uso di energia rinnovabile (Ibidem).

L'intensità di carbonio incorporato (*Embodied Carbon Intensity*, ECI) è una metrica che normalizza le emissioni di carbonio incorporato degli edifici in funzione della superficie utile ($\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$) oppure della superficie utile e della durata di vita del fabbricato ($\text{kgCO}_2\text{e/m}^2\cdot\text{anno}$) (Jungclaus *et al.*, 2024).

Il *benchmarking* dell'ECI presenta un elevato grado di variabilità. Ad esempio, una revisione della letteratura riporta valori di ECI per edifici residenziali unifamiliari compresi tra 32 e 1465 $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$ a livello globale e tra 32 e 2847 $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$ nei rapporti provenienti dagli Stati Uniti. Tale variabilità nei risultati dipende da diversi fattori, tra cui le incoerenze metodologiche presenti negli studi (Jungclaus *et al.*, 2024).

Le tappe della decarbonizzazione italiana sono segnate dagli impegni europei, tra cui il raggiungimento di emissioni “net zero” entro il 2050 e una riduzione del 55% delle emissioni di CO_2 entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990. Tali obiettivi sono stati proposti dalla Commissione Europea nel luglio 2021 come parte del pacchetto *Fit for 55* per soddisfare gli obiettivi della Legge Europea sul Clima (EP, 2021). Gli edifici rappresentano circa il 40% del consumo energetico dell'UE e il 36% delle emissioni di gas serra derivanti dall'energia (Commissione Europea, 2019). Gli obiettivi del *Green Deal* europeo richiedono settori delle costruzioni e dell'edilizia più puliti. È fondamentale valutare il ciclo del carbonio in tutte le fasi di progettazione, costruzione e gestione degli edifici per individuare e mitigare le fonti di emissione. Ciò include anche la valutazione dell'impronta di carbonio, sia diretta (legata alla produzione) sia indiretta (dovuta alla catena di approvvigionamento), al fine di individuare i punti critici e implementare soluzioni mirate. La Commissione Europea sta attualmente rivedendo il Regolamento sui Prodotti da Costruzione, che stabilisce gli standard per i materiali edilizi nel Mercato Interno. Si prevede

che oltre il 50% delle emissioni globali di carbonio derivanti dalle nuove costruzioni tra il 2020 e il 2050 proverrà dal carbonio incorporato negli edifici (*World Green Building Council*, 2019). In Europa, la normativa per la valutazione dell'energia e del carbonio incorporato negli edifici è la EN 15978:2011, che definisce le fasi di costruzione e suddivide gli impatti legati al carbonio incorporato in fasi iniziali, ricorrenti, di fine vita e di recupero. La revisione del Regolamento sui Prodotti da Costruzione rappresenta un ulteriore punto d'intervento chiave, mirando a stabilire requisiti obbligatori di informazione sulle emissioni incorporate nei materiali da costruzione.

A livello internazionale, diversi Paesi stanno adottando misure verso la decarbonizzazione. Ad esempio, la Francia richiede che tutti i nuovi edifici pubblici siano costruiti con almeno il 50% di legno o altri materiali naturali a base biologica, mentre i Paesi Bassi hanno reso obbligatorio, dal 2013, il calcolo delle emissioni climalteranti per tutti i nuovi edifici residenziali e gli uffici superiori ai 100 metri quadrati.

In Italia, i Criteri Ambientali Minimi (CAM) obbligatori sono stati introdotti in vari ambiti, tra cui quello edilizio, per contribuire alla decarbonizzazione del settore e aumentare la trasparenza sui dati e la provenienza dei materiali. Tuttavia, tali criteri si applicano attualmente solo ai cantieri pubblici e potrebbero richiedere richieste più ambiziose.

La letteratura mostra in modo coerente che le emissioni di carbonio operativo (*Operational Carbon*) sono generalmente molto più elevate rispetto alle emissioni di carbonio incorporato (*Embodied Carbon*), poiché circa il 40% dell'energia totale è utilizzato per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti ed è fornito da processi ad alta intensità emissiva (UNEP, 2021). Secondo il *World Green Building Council*, quasi due terzi delle emissioni globali derivano dalle emissioni operative, mentre il restante terzo proviene dalle emissioni incorporate. Di conseguenza, gli sforzi per ridurre le emissioni di carbonio si sono tradizionalmente concentrati sul carbonio operativo, migliorando l'efficienza energetica degli edifici.

Tuttavia, man mano che il carbonio operativo viene ridotto grazie ai miglioramenti dell'efficienza energetica e all'adozione di fonti di energia rinnovabile, il ruolo del carbonio incorporato nel profilo complessivo delle emissioni degli edifici sta diventando un aspetto cruciale per le pratiche di costruzione sostenibile (Iddon & Firth, 2013). Negli edifici ad alte prestazioni, si stima che le emissioni incorporate possano rappresentare fino al 75% delle emissioni totali di carbonio, come mostrato nella Figura 3.1.

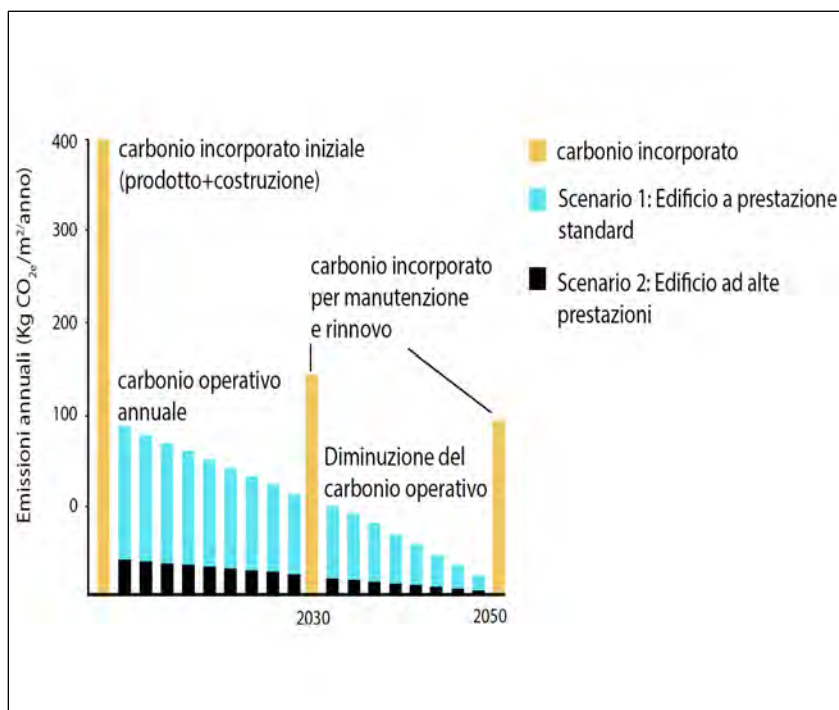


Figura 3.1 – Andamento delle emissioni di carbonio operativo rispetto al carbonio incorporato negli edifici normalizzato a metro quadro nei prossimi decenni.

Fonte: Rielaborazione dell'autrice basata su kyotoclub.org.

3.3. L'integrazione dei criteri di decarbonizzazione nelle strategie di progettazione e costruzione

È disponibile una varietà di strategie di decarbonizzazione per affrontare i cambiamenti climatici a diverse scale, ovvero: la scala regionale, la città, il quartiere, il distretto, l'isolato, l'edificio e l'unità abitativa/appartamento.

Un quadro dettagliato che include strategie di decarbonizzazione alla scala regionale è fornito da *Architecture 2030*, con il supporto di *Climate Positive Design* (in McDade & Martinez, 2024). Tale quadro, riassunto nella Figura 3.2, stabilisce una gerarchia delle strategie di progettazione in base alla loro efficacia e al loro impatto complessivo sulla decarbonizzazione: le strategie collocate nella parte superiore del diagramma riducono in modo più efficace gli effetti negativi degli edifici sull'ambiente, poiché agiscono su una scala più ampia e privilegiano soluzioni basate sulla natura.



*Figura 3.2 – Framework olistico per la riduzione delle emissioni nell'ambiente costruito.
Fonte: Rielaborazione dell'autrice di McDade e Martinez (2024).*

Le strategie collocate nella parte inferiore del diagramma si applicano anche a scale più ridotte, ovvero alla scala dell'edificio e dell'unità abitativa.

Le Pubbliche Amministrazioni (PA) possono applicare strategie di decarbonizzazione in diverse fasi, tra cui la pianificazione strategica, le procedure di autorizzazione, la gara d'appalto e l'approvvigionamento.

In tali processi è coinvolta anche una varietà di portatori di interesse (stakeholder), come progettisti, sviluppatori, abitanti e autorità locali.

Le strategie di decarbonizzazione possono inoltre essere distinte tra strategie di mitigazione e strategie di adattamento (Tabella 3.1). Secondo l'Agenzia Europea dell'Ambiente (2024), l'obiettivo delle strategie di adattamento è quello di anticipare gli effetti dei cambiamenti climatici e ridurre al minimo i danni che essi possono causare. Le strategie di mitigazione, invece, mirano a prevenire gli effetti dei cambiamenti climatici riducendo le emissioni di gas serra. Le strategie di mitigazione possono essere ulteriormente suddivise in quelle che affrontano il carbonio operativo o il carbonio incorporato.

Tabella 3.1 – Strategie di decarbonizzazione per ambito, fase di emissione e scala (Grande=G, Media=M, Piccola=P).

STRATEGIE DI DECARBONIZZAZIONE			
AMBITO	FASE	STRATEGIA	SCALA
MITIGAZIONE	OPERATIVO	Miglioramento prestazioni involucro edilizio, efficientamento impiantistico e gestione intelligente dell’energia	G, M, P
		Fonti di energia rinnovabili	G, M, P
		Comunità energetiche	G
		Miglioramento prestazioni involucro edilizio	M, P
		Riduzione dei trasporti	G
	INCORPORATO	Sostituzione di materiali	M, P
		Materiali ad alto contenuto di riciclato	M, P
		Riduzione distanza di approvvigionamento dei materiali	M, P
		Design per lo smontaggio e riuso	M, P
		Design per l’adattabilità e la flessibilità	M, P
		Design per la durabilità	M, P
		Prefabbricazione	M, P
		Ottimizzazione delle componenti	M, P
		Favorire la ristrutturazione alla nuova costruzione	G, M
ADATTAMENTO	ASSORBIMENTO DI CO2	Riforestazione urbana e periurbana	G, M
		Nature-Based Solutions (NBS)	G, M
		Bonifica e depavimentazione	G, M

3.3.1. Strategie di mitigazione

Come descritto in precedenza, le strategie di mitigazione possono essere distinte tra strategie legate al carbonio operativo e strategie legate al carbonio incorporato.

Per ridurre le emissioni di carbonio operativo, i progettisti possono concentrarsi sul miglioramento delle prestazioni dell’involucro edilizio al fine

di ridurre la domanda di riscaldamento e raffrescamento, nonché sull'efficienza degli impianti meccanici, elettrici e idraulici (MEP), ad esempio tramite pompe di calore ad alta efficienza, per diminuire il consumo energetico operativo (Hafez *et al.*, 2023). Inoltre, l'implementazione di sistemi intelligenti di gestione dell'energia può contribuire ulteriormente a ridurre le emissioni (Garcia-Gusano *et al.*, 2020).

In aggiunta, i progettisti possono optare per fonti di energia rinnovabile per ridurre le emissioni di carbonio legate all'approvvigionamento energetico. Ciò può essere realizzato integrando le fonti rinnovabili nell'edificio, ad esempio installando pannelli fotovoltaici, acquistando energia da fonti rinnovabili o, in maniera collettiva, tramite comunità energetiche che gestiscono la produzione e il consumo di energia.

Tutte queste strategie possono essere applicate a diverse scale, dalla scala regionale a quella dell'unità abitativa, a seconda che riguardino una moltitudine di edifici o un singolo edificio.

Una strategia specifica per la scala regionale è la riduzione del trasporto, che mira a diminuire le emissioni operative riducendo l'uso di veicoli a motore e promuovendo la mobilità pedonale o ciclabile, localizzando i servizi vicino ai residenti.

Le strategie di riduzione del carbonio incorporato comprendono la sostituzione dei materiali, ovvero la scelta di materiali a basso impatto ambientale al posto di materiali tradizionali ad alto impatto, ad esempio sostituendo il cemento Portland con ceneri volanti nella produzione del calcestruzzo, oppure optando per legno invece di acciaio o calcestruzzo per applicazioni strutturali. Questi materiali possono anche contenere componenti riciclate o riciclabili.

Per accelerare la decarbonizzazione, la sostituzione dei materiali deve essere accompagnata da valutazioni del ciclo di vita (LCA), aggiornamenti dei codici edilizi e incentivi per le innovazioni a basse emissioni di carbonio. Anche dati sui materiali e sistemi di certificazione possono aiutare progettisti e imprese a compiere scelte più consapevoli (D'Amico *et al.*, 2021).

La riduzione delle distanze di trasporto dei materiali rappresenta un'ulteriore strategia per diminuire significativamente le emissioni incorporate, rendendo la prossimità un fattore cruciale (Lützkendorf & Balouktsi, 2022).

Ulteriori strategie che riguardano l'edificio nel suo complesso includono:

- Progettazione per lo smontaggio e il riutilizzo;
- Progettazione per l'adattabilità e la flessibilità;
- Progettazione per la durabilità e la manutenzione;
- Prefabbricazione;
- Ottimizzazione dei componenti e delle strutture.

In particolare, la progettazione per lo smontaggio consente di de-costruire e riutilizzare un edificio (Crowther, 1999). Rendere riutilizzabili edifici, componenti e materiali permette di prolungarne la vita utile e ridurre l'impronta di carbonio complessiva.

La progettazione per l'adattabilità e la flessibilità mira a creare spazi adattabili, consentendo agli occupanti di modificare gli ambienti in base alle proprie esigenze (Ottenhaus *et al.*, 2023). Si tratta di una strategia di decarbonizzazione poiché evita l'obsolescenza degli spazi e futuri interventi di ristrutturazione ad alta intensità di carbonio.

La progettazione per la durabilità e la manutenzione, che consiste nella selezione di materiali più resistenti e con minori esigenze di manutenzione, estende virtualmente la vita utile dell'edificio, distribuendo gli impatti del carbonio incorporato su un periodo di tempo più lungo.

La prefabbricazione, nota anche come costruzione industrializzata, consiste nella produzione off-site di componenti edilizi, riducendo notevolmente l'impronta di carbonio complessiva grazie alla minimizzazione dei rifiuti di cantiere (Kedir & Hall, 2021).

L'ottimizzazione strutturale "mira a trovare la migliore disposizione delle strutture o dei componenti strutturali per raggiungere determinati obiettivi in condizioni prestabilite" (Mortazavi, 2020). In altre parole, attraverso l'ottimizzazione strutturale è possibile ridurre la quantità complessiva di materiale necessaria per una struttura civile, minimizzando così il carbonio incorporato.

Infine, la scelta del recupero edilizio rispetto alla nuova costruzione rappresenta una delle strategie più efficaci per evitare le emissioni legate allo sviluppo del sito, alle demolizioni e all'approvvigionamento di nuovi materiali.

Tutte queste strategie si applicano principalmente alla scala edilizia, sebbene possano essere perseguite anche a scale più ampie.

In conclusione, è importante sottolineare che le strategie per ridurre il carbonio operativo possono incidere anche sul carbonio incorporato. Ad esempio, tra due opzioni di isolamento termico con prestazioni equivalenti, dovrebbe essere preferita quella con materiale a basso contenuto di carbonio incorporato.

Ulteriori soluzioni, come sistemi di inverdimento orizzontali o verticali con alberi di media o grande dimensione, possono contribuire a un maggiore stoccaggio di carbonio e al contempo migliorare le prestazioni termiche complessive dell'edificio, riducendo così le emissioni operative.

3.3.2. Strategie di adattamento

Le strategie di adattamento mirano a ridurre la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera attraverso l'assorbimento del carbonio. Ciò implica interventi

legati al carbonio biogenico, come la forestazione urbana e periurbana, le soluzioni basate sulla natura (NBS), la bonifica dei siti contaminati (*brown-field*) e la de-sigillatura del suolo.

La forestazione urbana e periurbana è una strategia di adattamento efficace per assorbire CO₂ e migliorare la qualità dell'aria nelle aree urbane. Gli alberi assorbono CO₂ attraverso la fotosintesi, mitigano le isole di calore urbane, favoriscono la salute pubblica e incoraggiano la mobilità non motorizzata (Gill *et al.*, 2021). Programmi di riforestazione urbana in città come New York, Los Angeles, Singapore, Pechino e Tokyo si sono dimostrati efficaci nel ridurre i livelli di CO₂ e nel rafforzare la resilienza urbana (Teo *et al.*, 2021). In Italia, questa tendenza si riflette nel Piano Nazionale di Riforestazione Urbana, promosso dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE), che privilegia la riforestazione in base ai benefici ambientali, sociali ed ecologici, con particolare attenzione al sequestro del carbonio, alla purificazione dell'aria e al ripristino degli ecosistemi.

Le *Nature-Based Solutions* (NBS) comprendono un ampio gruppo di strategie di adattamento che, secondo la definizione della Commissione Europea, sono “soluzioni ispirate e supportate dalla natura” (ad es. tetti verdi, canali di drenaggio vegetati, foreste urbane e facciate verdi). Le NBS possono ridurre significativamente le emissioni di gas serra grazie al sequestro del carbonio. È importante notare che le NBS possono appartenere anche al gruppo delle strategie di mitigazione, poiché riducono il carbonio incorporato e quello operativo, ad esempio attraverso il raffrescamento vegetativo.

La bonifica dei siti contaminati (*brownfield*) consiste nel risanamento di aree inquinate per consentire nuovi sviluppi, rappresentando una strategia efficace per preservare le aree naturali non urbanizzate (USGBC, 2021). Se il nuovo sviluppo include NBS e le aree naturali esistenti vengono conservate, può essere considerata una strategia di adattamento. Inoltre, questi siti sono spesso collegati alle infrastrutture urbane, evitando ulteriori emissioni dovute al trasporto.

La de-sigillatura del suolo (o *depaving*) consiste nella rimozione di superfici impermeabili come parcheggi o strade asfaltate. Tale strategia contribuisce all'assorbimento del CO₂ atmosferico, soprattutto se combinata con le NBS.

Riferimenti bibliografici

CAP. (2023). Report from the Commission to the European Parliament and the Council. Summary of CAP Strategic Plans for 2023-2027: joint effort and collective ambition. Disponibile al link: https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27/key-policy-objectives-cap-2023-27_en

- Corbier, L., Schmitz, S., Oren, K., Dawson, B., Spannagle, M., Bp, M., Boileau, P., Frederick, R., Vanderborcht, B., Thomson, H., Koichi, K., Woo, C., Naseem., Kpmg, P., Miner, R., & Cook, E. (2004). WBCSD/WRI, 2004. Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard.
- EC. (2019). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee, and the Committee of the Regions (COM(2019) 640 final), “The European Green Deal”.
- EP. (2021). Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30th June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999, “European Climate Law”.
- European Commission, & Directorate-General for Environment. (2021). Level(s): Putting whole life carbon principles into practice. Disponibile al link: <https://doi.org/https://data.europa.eu/doi/10.2779/79139>
- Futas, N., Rajput, K., & Schiano-Phan, R. (2019). Cradle to Cradle and Whole-Life Carbon assessment—Barriers and opportunities towards a circular economic building sector, in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 225, n. 1, p. 012036, IOP Publishing.
- IPCC. (2022). Annex II: Glossary [Möller, V., van Diemen, R., Matthews, J. B. R., Méndez, C., Semenov, S., Fuglestedt, J. S., & Reisinger, A. (a cura di)], in *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on*.
- ISPRA. (2020). Emissioni gas serra: Nel 2020 stimata riduzione del 9.8% rispetto al 2019. Disponibile al link: <https://www.isprambiente.gov.it/it/istituto-informa/comunicati-stampa/anno-2021/emissioni-gas-serra-nel-2020-stimata-riduzione-del-9-8-rispetto-al-2019>
- Jungclaus, M. A., Grant, N., Torres, M., Arehart, J. H., & Srubar, W. V. (2024). Embodied carbon benchmarks of single-family residential buildings in the United States. *Sustainable Cities and Society*. Disponibile al link: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105975>.
- Legambiente and Kyoto Club. (2022). Il settore edilizio verso una nuova sfida: la decarbonizzazione delle costruzioni. Disponibile al link: https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2022/11/La-decarbonizzazione-delle-costruzioni_report-2022.pdf?_gl=1*1tfh-kim*_up*MQ.*_ga*MTA5NzQ1ODU3LjE3MTU3NjM4NDY.*_ga_LX7CNT6SDN*MTcxNTc2Mzg0NC4xLjAuMTcxNTc2Mzg0NC4wLjAuMA
- Legislation Government UK. (2019). The Climate Change Act 2008 (2050 Target Amendment) Order 2019. Disponibile al link: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2008/27/contents/2019-06-27>
- MIMS. (2022). Italian Ministry of Sustainable Infrastructure and Mobility, Decarbonising Transport Scientific evidence and policy proposals. Disponibile al link: https://www.mit.gov.it/nfsmitgov/files/media/notizia/2022-09/STEMI_Decarbonising%20Transport_ENG.pdf

- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). (2022). Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile. Disponibile al link: <https://www.mase.gov.it/portale/sviluppo-sostenibile>
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). (2022). Piano Nazionale di Transizione Ecologica Disponibile al link: <https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PTE/PTE-definitivo.pdf>
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). (2024). Disponibile al link: <https://gpp.mite.gov.it/CAM-vigenti>
- MISE, MATTM & MIT. (2020). Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC). Disponibile al link: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf
- Piano Strategico Nazionale della PAC per l'Italia. (2023-2027), approvato dalla Commissione Europea il 2 dicembre 2022.
- Repubblica Italiana. (2023), D.Lgs n. 36/2023, Decreto legislativo 31 marzo 2023, n. 36, recante: "Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici."
- Repubblica Italiana. (2021). Decreto Legislativo. n. 59/2021, Misure urgenti relative al Fondo complementare al Piano nazionale di ripresa e resilienza e altre misure urgenti per gli investimenti.
- Repubblica Italiana e Direzione Generale Economia Circolare (EC). (2022). Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento del servizio di progettazione ed esecuzione dei lavori di interventi edilizi. In Decree n.256, 23/06/2022 (256).
- Repubblica Italiana, (2023). Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica amministrazione (edizione 2023). Disponibile al link: https://gpp.mite.gov.it/sites/default/files/2023-08/PAN_GPP.pdf
- Ritchie, H., Rosado, P., & Roser M. (2023). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, *Our World in Data*.
- Tigani D., van Kan D., Tennakoon G., Geng L., & Chan M., (2024). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 1363, World Sustainable Built Environment 2024 (WSBE24).
- UK Parliament. (2022). Carbon Emissions (Buildings) Bill Parliamentary, House of Commons 20th June 2022. Disponibile al link: <https://bills.parliament.uk/bills/3211>
- UNI EN ISO 14064-1:2019. (2019). Gas a effetto serra – Parte 1: Principi e requisiti per la rendicontazione delle emissioni e delle rimozioni a livello di organizzazione. Disponibile al link: <https://www.ccpb.it/blog/certificazione/iso-14064-1-carbon-footprint-delle-organizzazioni-ghg-accounting/>
- World Green Building Council. (2019). Bringing embodied carbon upfront. A coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon. Disponibile al link: https://worldgbc.s3.eu-west-2.amazonaws.com/wp-content/uploads/2022/09/22123951/WorldGBC_Bringing_Embodied_Carbon_Upfront.pdf
- Wright, L., Kemp, S., & Williams, I. (2011). "Carbon footprinting": towards a universally accepted definition, *Carbon Management*, vol. 2, n. 1, pp. 61-72.