

4 · 10 · 3 DISTRETTI
URBANI “CARBON
NEUTRAL”.
SOLUZIONI
“GREEN” E “GREY”
VERSO GLI
OBIETTIVI DI
DECARBONIZ-
ZAZIONE DEL
2030-2050

Transizioni

MARCO GIAMPAOLETTI
Sapienza Università di Roma
Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura,
curriculum Progettazione Tecnologica Ambientale.

Ciclo
XXXIV

SSD di riferimento
ICAR/12

STATO DELL'ARTE

Rigenerare i distretti urbani in organismi resilienti, sostenibili e flessibili rappresenta una condizione non più rimandabile; la qualità dell'abitare gli spazi urbani e periurbani riveste una primaria importanza quale capacità di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici, contribuendo, con adeguate strategie e azioni, al processo di decarbonizzazione (Tucci, 2018).

Il settore delle costruzioni necessita sempre più di piani a lungo termine per bilanciare le sue emissioni: sono necessarie riduzioni, rimosioni e/o compensazioni, ad oggi non sempre utilizzate in modo sistematico, nell'ambiente costruito. Le misure di adattamento e mitigazione per mantenere l'aumento della temperatura globale entro 1,5 °C potrebbero evitare parte degli impatti derivati dal cambiamento climatico in atto, ma attualmente la loro attuazione è in netto ritardo rispetto il cronoprogramma prefissato nel 2015 e che se le temperature medie dovessero raggiungere un aumento di 1,7-1,8 °C, gli ecosistemi oggi considerati vulnerabili raddoppierebbero la probabilità di estinzione, decuplicando le stesse al raggiungimento di +3 °C (IPCC, 2022). Il presente contributo si propone di indagare le strategie, le azioni e i materiali innovativi ad oggi disponibili per assorbire, ridurre e immagazzinare CO₂ dall'atmosfera, analizzando tali strategie, in via sperimentale, in un quartiere di edilizia residenziale pubblica di Roma Capitale, mediante l'adozione di soluzioni rientranti in due macro-concetti: *green* e *grey*.

Attualmente i processi di cattura, trasporto e stoccaggio di carbonio sono sottoposti a continui aggiornamenti procedurali al fine di migliorare il processo e contenere i costi di esercizio rendendoli quindi più efficienti, aspetti essenziali per un utilizzo, a larga scala, di tali metodologie (Climeworks, 2020). Come enunciato in numerosi studi, gli aspetti *green* e *grey* spesso sono trattati come singoli tematismi, senza coglierne l'integrazione e in una generale assenza di visione unitaria, se non per specifici

approfondimenti legati a problematiche particolari (Kuittinen et al., 2021; Ariluoma et al., 2021). Le prospettive di ricerca, in particolare per quanto riguarda lo stoccaggio, lasciano aperte tematiche e questioni che ancora non hanno trovato soluzioni adeguate sul piano della sostenibilità a causa di siti spesso soggetti a rischi e vulnerabilità idro e geo-litologiche.

Azioni di *green infrastructure*, rientranti nelle soluzioni definite *green* adottate nello spazio costruito urbano si stanno intensificando, perseguendo gli obiettivi di sostenibilità economica, con benefici quantificabili a medio e lungo termine, al fine di mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici che, in virtù delle loro capacità di assorbimento, contribuiscono a mantenere in equilibrio il ciclo dell'acqua e a proteggere il suolo. Tali contribuiscono alla costituzione di un vero e proprio *global carbon sink*, il quale concorre a mitigare l'effetto serra e a contenere le minacce legate al riscaldamento del clima.

Se gli edifici risultano essere tra i maggiori emettitori di carbonio in atmosfera, contestualmente il presente contributo vuole considerare un'altra fonte di emissioni di gas serra associate agli edifici: la CO₂ incorporata (*embodied carbon*), ovvero l'insieme delle emissioni di gas a effetto serra legate alla costruzione, estrazione, trasporto e produzione dei materiali edili nonché alla demolizione degli stessi nella fase di dismissione del manufatto edilizio (*from cradle to grave*). Il contributo si preme di individuare scenari di intervento che utilizzano materiali a bassa *embodied carbon*, ricorrendo ad esempio a legno o fibre vegetali per gli isolanti termici naturali i quali stoccano nel proprio interno, per loro composizione, il carbonio assorbito nel ciclo di vita biologico. In stretta correlazione con tale approccio, si considerano attività di sperimentazione basate sul riuso e riciclo degli scarti edili, che evitano la loro dismissione con relativi costi economici e ambientali annessi, incentivando la circolarità nell'uso delle risorse, con netta riduzione dell'*embodied carbon*, secondo un miglioramento di processo che include valutazioni e scelte progettuali in ottica di ciclo di vita, supportate dalla LCA (*Life Cycle Assessment*).

Il secondo macro-concetto, definito dalle soluzioni *grey*, definisce e struttura la sistematizzazione delle tecnologie e dei processi disponibili ad oggi per lo stoccaggio della CO₂, come, ad esempio, il CCS (*Carbon Capture and Storage*), il CCU (*Carbon Capture and Utilization*), il DAC (*Direct Air Capture*) (D'Olimpio, 2016; Global CSS Institute, 2021), nonché di ulteriori programmi ad oggi in fase di sperimentazione (Selosse & Ricci, 2017).

METODOLOGIA E FASI OPERATIVE DELLA RICERCA

Il presente contributo si preme, in primis, di recepire gli *output* di una dettagliata *review* eseguita delle principali metodologie ad oggi presenti nel panorama internazionale in grado di sottrarre, assorbire e ridurre le emissioni di CO₂ nell'atmosfera, secondo un processo di analisi sviluppato in tre fasi. La prima è riservata alla quantificazione delle emissioni di CO₂ per gli ambiti di indagine secondo lo stato di fatto dell'area, la seconda analizza le opzioni progettuali proposte, la terza esamina il bilancio delle tematiche esaminate.

L'approccio metodologico applicato per la valutazione ecosistemica prevede un esame analitico-valutativo, anche attraverso il rilevamento in loco e la sistematizzazione delle possibili soluzioni *green* e *grey* con la definizione di due scenari di intervento.

Nell'ambito delle soluzioni definite *green*, la conoscenza del patrimonio arboreo e arbustivo presente all'interno del territorio metropolitano di Roma Capitale, supportato dal Censimento arboreo comunale eseguito nel 2016, ha permesso di delineare un panorama completo delle specie arboree presenti nel bacino mediterraneo e contestualmente ha permesso, nella fase di sperimentazione sul caso di studio:

- ◊ una analisi delle specie arboree e arbustive secondo parametri specifici (autoctone o naturalizzate, corotipo, forma biologica, utilizzo) con maggiori capacità di mitigazione ambientale ai fini di assorbimento e stoccaggio della CO₂ durante l'intero ciclo di vita (Regione Toscana, 2018);
- ◊ il rilievo della vegetazione e degli spazi verdi presenti con quantificazione puntuale del numero di masse arboree per ciascuna specie;
- ◊ la costituzione di un *database* attraverso lo strumento della *Suite Office excel* volto a catalogare sistematicamente ogni singola specie riportando le stime riferite a tre fasi di crescita delle piante (nei primi 5 anni, i successivi 5 anni, 20 anni) e al complessivo valore medio;
- ◊ la selezione delle specie arboreo-arbustivo classificate secondo maggiore capacità di stoccaggio CO₂ nonché di sottrazione di inquinanti atmosferici derivanti dal traffico veicolare e di polveri sottili;
- ◊ la predisposizione del progetto di *green infrastructure* con particolare attenzione alle specie autoctone quali essere in grado di garantire una maggiore stima della CO₂ assorbita e stoccata.

Per quanto attiene le soluzioni di tipo *grey*, le fasi della metodologia adottata nel progetto di riqualificazione dei manufatti edilizi esistenti e dei relativi spazi esterni, risultano essere:

- ◊ una analisi costruttiva dell'edificio esistente con identificazione e quantificazione (in volume e peso) dei principali materiali presenti e stima della *embodied carbon*;
- ◊ la stima (in volume e peso) dei materiali rimossi dall'edificio esistente e della relativa *embodied carbon*;
- ◊ l'individuazione dei materiali recuperabili nell'intervento tra quelli oggetto di demolizione;
- ◊ la selezione di materiali a bassa *embodied carbon* e materiali innovativi con capacità di stoccaggio o cattura diretta di carbonio dall'atmosfera;
- ◊ il bilancio finale dell'*embodied carbon* degli edifici riqualificati, con identificazione delle quote di emissioni evitate tramite riuso e riciclo di materiali edili.

LA SPERIMENTAZIONE SUL CASO DEL PIANO DI ZONA DI SAN BASILIO A ROMA

La fase di sperimentazione del presente contributo si incentra sull'analisi del tessuto edilizio e paesaggistico del PdZ di San Basilio situato nel IV Municipio di Roma Capitale. Il distretto, a ridosso del Grande Raccordo Anulare (GRA), presenta una superficie pari a 136.991 mq al cui interno si quantificano complessivamente 2.500 alloggi di Edilizia Residenziale Pubblica (ERP) pari al 12% del totale di quelli disponibili a Roma. Gli stessi sono gestiti per il 70% da Azienda Territoriale per l'Edilizia Residenziale (ATER) e per il 30% da Roma Capitale. Le tipologie edilizie presenti sono caratterizzate da edifici lineari definiti "a stecca", con altezze pressoché omogenee di massimo sette piani basata su manufatti prefabbricati "a cellula chiusa" e sovrapposti, con solai realizzati in lastre predalles, che definiscono i setti interni degli appartamenti. L'isolamento termico è assente, stante la presenza di infissi in ferro-alluminio a vetro singolo e tapparelle in plastica che rendono gli alloggi fortemente energivori per riscaldamento e raffrescamento. Gli spazi aperti del distretto, quantificati in 86.603 mq, sono caratterizzati da ampie aree verdi per lo più degradate e da sedi stradali con aree limitrofe destinate ai parcheggi per i residenti. Sono stati rilevati i materiali degli spazi aperti quali asfalto bituminoso per le strade e per i marciapiedi, blocchi di leucite e basalto nelle aree di pertinenza degli edifici e nelle quattro corti centrali del distretto, piastrelle in calcestruzzo (cls) per i percorsi pedonali. L'*embodied carbon* complessiva quantificata è pari 235.392.400,74 KgCO₂eq (fig. 1).

Relativamente gli aspetti *green*, le masse arboree presenti sono principalmente di origine esotica, con predominanza di *Ailanthus altissima*, *Cedrus atlantica*, *Robinia pseudoacacia* e *Eucalyptus camaldulensis*, specie altamente invasive con una qualità medio-bassa di mitigazione ambientale e di cattura degli inquinanti. I sopralluoghi, effettuati durante la fase di ricerca, hanno permesso di individuare 24 tipologie di specie arboree per un totale 374 alberi a medio e alto fusto, determinando un *canopy cover* pari al 30% degli spazi aperti. Per ciascuna specie arborea e arbustiva è stata redatta una scheda tecnica ove sono riportati i parametri di mitigazione ambientale e di capacità di assorbimento di CO₂ dall'atmosfera. Il potenziale di assorbimento complessivo, comprensivo degli spazi verdi, è quantificato in 360.577 KgCO₂eq/annuo.

La riqualificazione attraverso strategie *grey* del patrimonio edilizio e degli spazi aperti ha preso in esame due opzioni di rigenerazione. La prima, definita standard, ove solitamente si impiegano materiali edili tradizionali utilizzati nelle ristrutturazioni. La seconda con materiali fortemente innovativi, *carbon free* e in alcuni casi in grado di contribuire attivamente all'assorbimento del carbonio dall'atmosfera.

La prima opzione di riqualificazione prevede il mantenimento della struttura portante in cls armato con applicazione di materiali edili tradizionali quali blocchi e isolanti per chiusure orizzontali e rifacimento degli involucri esterni, delle coperture e la sostituzione degli infissi, in grado di incrementare e migliorare le performance termiche ed energetiche. Relativamente gli spazi aperti, l'ipotesi prevede un incremento delle aree pedonali realizzate in lastre di basalto e leucite e nuove aree giochi.

L'*embodied carbon* complessiva quantificata è pari 197.419.080,00 KgCO₂eq (fig. 2).

La seconda opzione di riqualificazione prevede l'utilizzo di materiali edili innovativi, sperimentali, derivati da processi di riciclo di rifiuti solidi urbani e/o industriali e di fibre naturali completamente riciclabili con *embodied carbon* unitaria estremamente bassa. Gli interventi ipotizzano il mantenimento della struttura portante esistente, con la ridefinizione delle chiusure verticali, attraverso l'introduzione di ampie superfici vetrate con infissi basso emissivi, dispositivi bioclimatici passivi quali atrii a sud, *buffer space* a nord e serre bioclimatiche aggettanti, migliorando adattabilità e flessibilità degli alloggi al fine di avere un maggiore comfort ambientale. Le tamponature esterne sono costituite da pareti a cappotto comprendenti un isolante naturale ancorato su elementi massivi in blocchi *Carbfix*, quest'ultimi derivati dal processo di cattura della CO₂ in atmosfera mediante tecnologia DAC. Le chiusure esterne verticali orientate a ovest prevedono pareti ventilate realizzate con pannelli in gres porcellanato su sottostruttura in acciaio. La progettazione delle chiusure orizzontali, isolate con lastre *Corkpan*, prevede coperture praticabili, tetti giardino e superfici con finitura in *Derbicolor Olivina*, ad elevate capacità di assorbimento di CO₂, stimate complessivamente in 254.330 KgCO₂eq/annuo. Il progetto di ridefinizione degli spazi aperti prevede un incremento delle superfici permeabili, una forte riduzione del traffico veicolare all'interno del distretto, favorendo la mobilità dolce mediante introduzione di piste ciclopedonali realizzate in conglomerato cementizio *I.Idro Drain* ad alta capacità di assorbimento di particelle inquinanti (fig. 3). Per i materiali oggetto di demolizione, nel primo e secondo scenario, si suppone una quota di recupero superiore all'88% con un trattamento in situ di inerti provenienti da cls, laterizi e intonaci per la realizzazione di massetti e pavimentazioni esterne, nonché, per la quota eccedente, per la sistemazione paesaggistica del distretto.

La sperimentazione secondo il primo asse tematico definito *green* prende in considerazione, nella prima ipotesi, lo stato di fatto della copertura vegetale che ammonta a 374 alberi e nella seconda l'introduzione di 587 nuovi alberi, quali *Acer campestre*, *Ginkgo biloba*, *Populus alba*, *Salix babylonica*, *Ulmus minor*, ad elevate capacità di mitigazione ambientale, secondo un assorbimento complessivo pari a 146.910 KgCO₂eq/annuo e il potenziamento di quelle esistenti ed autoctone quali, ad esempio, *Fagus sylvatica*, *Laurus nobilis*, *Malus domestica*, *Olea europaea*, *Pinus pinea*, recuperando contestualmente le aree degradate ed incrementando le superfici verdi (da 39% a 68%). L'*embodied carbon* complessiva, quantificata in tale scenario, risulta essere pari a 44.512.798,00 KgCO₂eq (fig. 4).

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

L'applicazione dell'impianto metodologico proposto e delle linee strategiche delineate nel corso della fase sperimentale permette di valutare gli impatti e gli effetti delle scelte progettuali in termini di *embodied carbon* unitaria, derivata dall'assorbimento e stoccaggio del carbonio dall'atmosfera. In termini di riduzione della *embodied carbon* del distretto, si conferma, nella prima ipotesi, una riduzione delle emissioni del -31,6% e nella

seconda del -84,6% in relazione allo stato di fatto. La differenza percentuale di deve ricercare principalmente all'utilizzo, nel secondo scenario, di materiali performanti, soluzioni bioclimatiche passive e pratiche *green* volte al rimboschimento urbano. La strategia di incremento del patrimonio arboreo ed arbustivo con l'introduzione di nuove specie arboree, autoctone e ad alta capacità di mitigazione ambientale ha determinato un incremento del 183% dell'assorbimento di carbonio dall'atmosfera (fig. 5). La capacità di stoccaggio della CO₂ riguarda solo la seconda ipotesi avanzata ed ammonta a 413.971 KgCO₂eq, una quantità legata all'impiego di materiale a base biologica (legno) e all'utilizzo di soluzioni tecnologiche emergenti (DAC) derivanti dalla mineralizzazione della CO₂ attraverso processi industriali.

L'applicazione di soluzioni *green* e *grey* ai fini della decarbonizzazione nell'area in esame combina quindi la capacità attiva di assorbire la CO₂ dall'atmosfera durante la fase di esercizio con la capacità passiva di stoccaggio della CO₂ nell'ambiente costruito inteso come *carbon sink*.

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE DELLA RICERCA

La ricerca ha evidenziato quanto complessa e difficile sia la lotta ai cambiamenti climatici, anche alla luce della crescente crisi energetica europea, accentuata, di recente, della crisi geopolitica in atto e dall'incremento dei costi per il reperimento e approvvigionamento di gas naturale da cui i Paesi membri dipendono per oltre il 42% (EEA, 2021). Dal punto di vista metodologico, si evidenzia inoltre la complessità delle stime delle emissioni, legate sia alla variabilità dei parametri da considerare, sia alla scarsità di database affidabili e spesso, a livello comunale, non completi. Importanti spunti progettuali emergono dal potenziale derivato dall'intervento sull'ambiente costruito e dall'efficacia delle tecnologie passive adottabili per adeguare i distretti urbani e periurbani tendendoli al concetto di *net zero energy district*. Attualmente, l'adozione e l'impiego di materiali innovativi, con capacità di stoccaggio, assorbimento di carbonio nell'atmosfera ed *embodied carbon* unitaria ridotta, è limitata a causa della loro natura sperimentale. Sebbene l'impiego di tali stia acquisendo maggiore forza nelle scelte degli attori della filiera, volta a una progettazione adattiva e a bassi consumi energetici, i costi di produzione, in rapporto alla capacità di assorbimento di carbonio dall'atmosfera, soprattutto per soluzioni di finitura come le pitture e i trattamenti fotocatalitici, sono ad oggi elevati. Ulteriori prospettive di ricerca future potranno riguardare la possibilità di predisporre modelli di confronto tra quartieri e distretti urbani della medesima città o di città mondiali, volti a determinare possibili strategie comuni legate, ad esempio, agli *standard* energetico-ambientali statali presenti nelle specifiche aree di indagine.



fig. 1. Quadro di sintesi della *Embodied Carbon* quantificata, nello Stato di fatto, del PdZ di San Basilio.

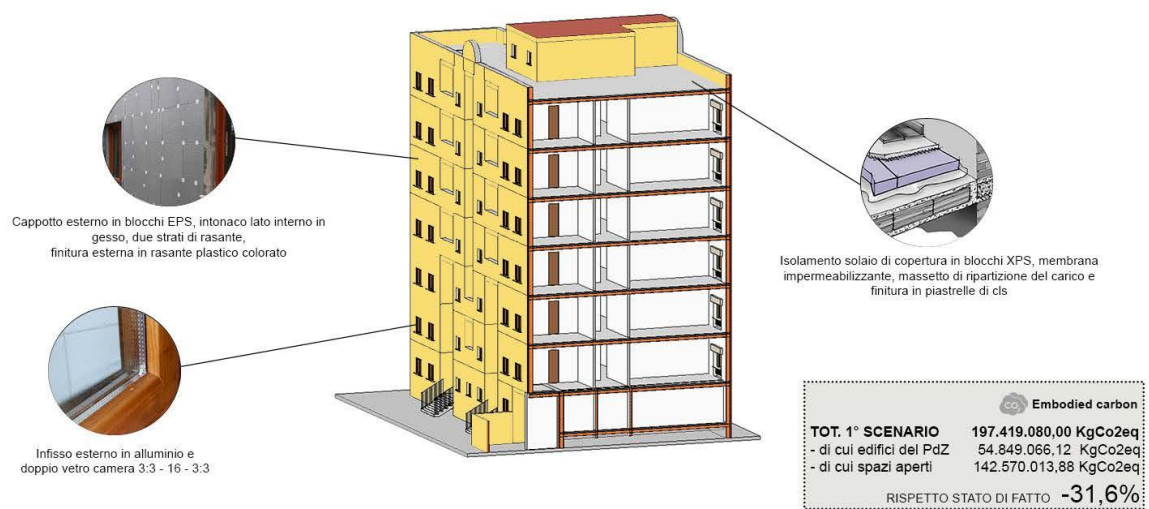


fig. 2. Primo scenario di riqualificazione del PdZ di San Basilio con quantificazione della *Embodied Carbon*.

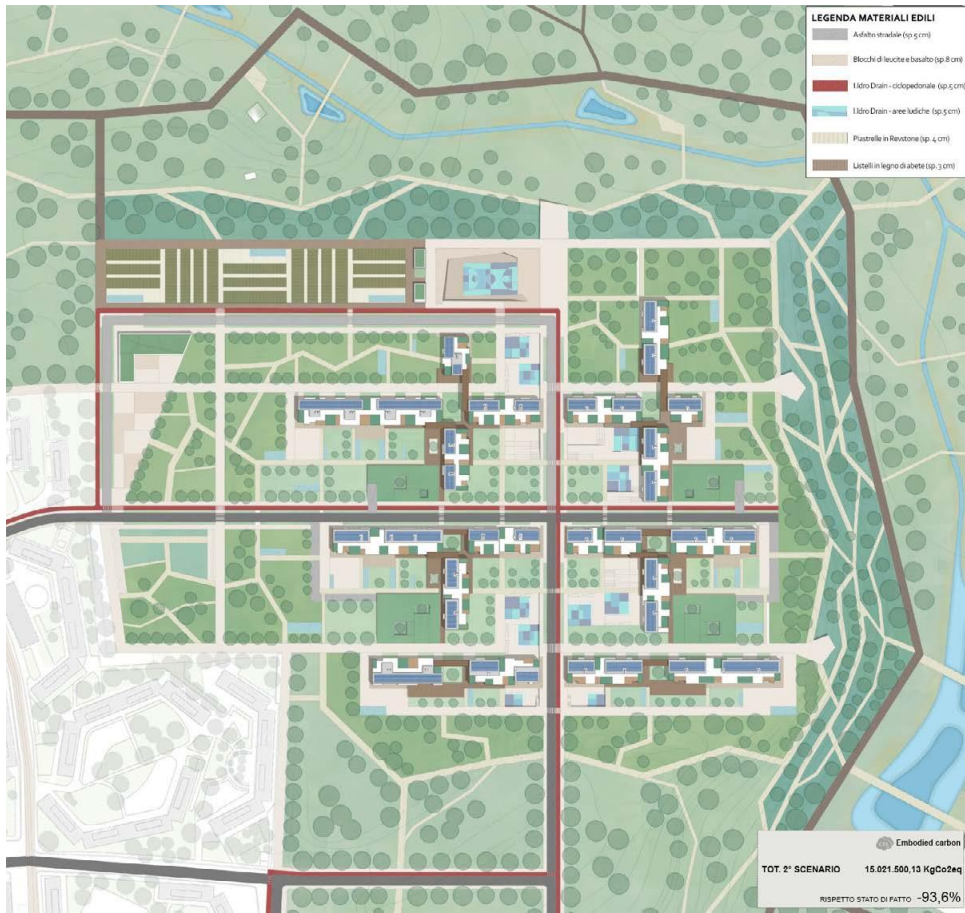


fig. 3. Quadro di sintesi della *Embodied Carbon* quantificata, nello nel Secondo scenario di riqualificazione, del PdZ di San Basilio.

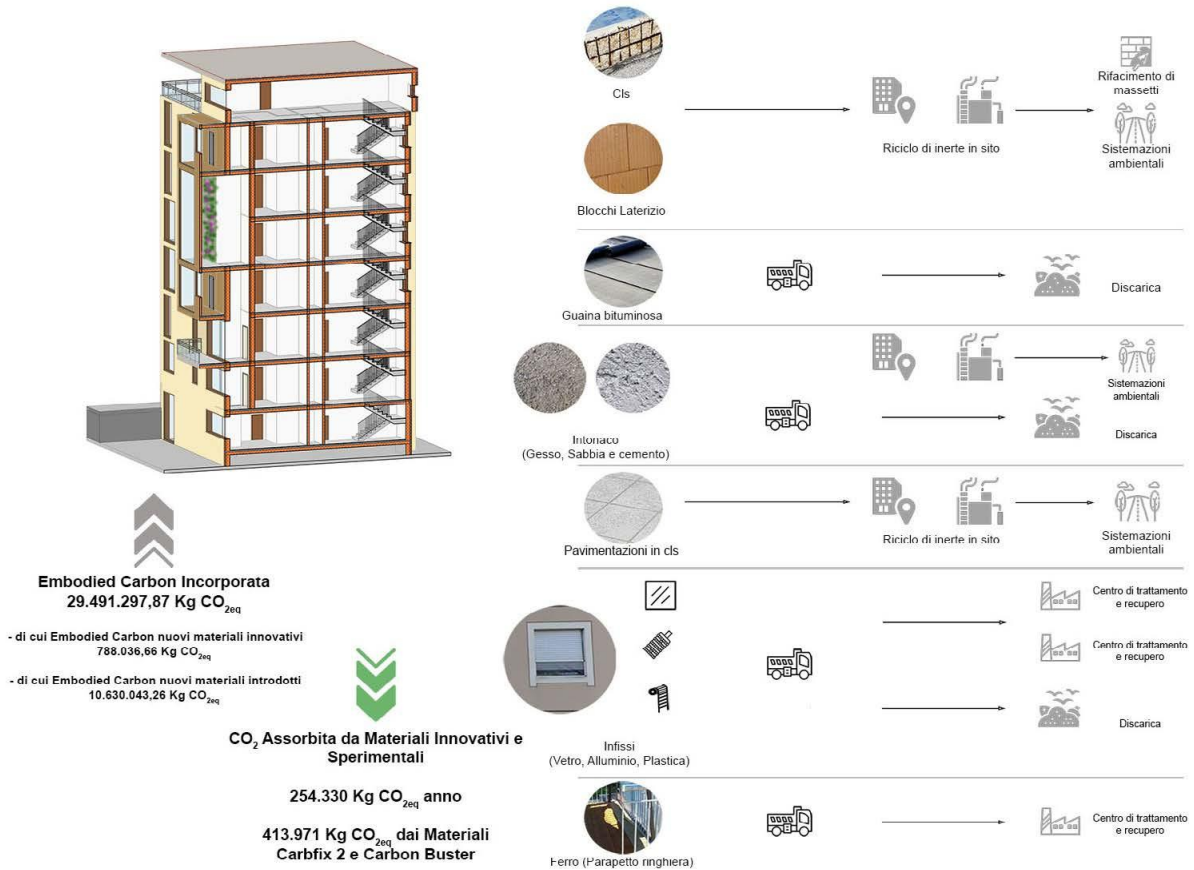


fig. 4. Opzione di sintesi per il Secondo scenario di riqualificazione del PdZ di San Basilio, con prospetto di fine vita dei materiali oggetto di demolizione.

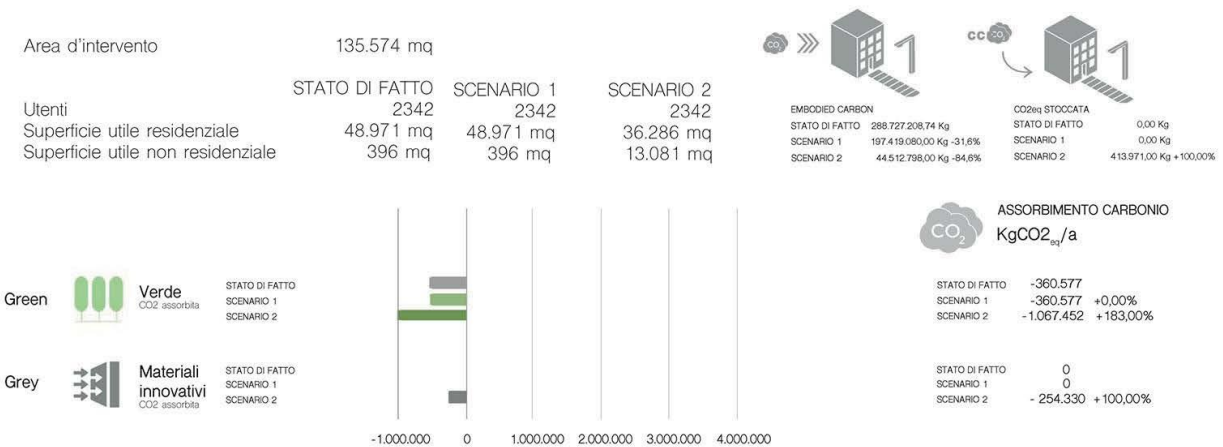


fig. 5. Bilancio finale della CO2 assorbita secondo le soluzioni green e grey adottate nei due scenari di riqualificazione proposti.

BIBLIOGRAFIA

- Ariluoma M., Ottelin J., Hautamäki R., Tuhkanen E. & Mänttärä M. (2021). Carbon sequestration and storage potential of urban green in residential yards: A case study from Helsinki. *Urban Forestry & Urban Greening*, 57, 126939
- Climeworks (2020). *Our Technology | Climeworks – Capturing CO2 from Air*. <https://www.climeworks.com/our-technology/>
- D'Olimpio D. (2016). “La mitigazione dell'inquinamento atmosferico urbano” in *Quaderni di Legislazione Tecnica*, n.2/2020, 17-27. Bollettino di Legislazione Tecnica online. <https://www.legislazionetecnica.it/6324712/bollettino-legislazione-tecnica/quaderni-legislazione-tecnica-n-2-2020>
- EEA – European Environment Agency (2021). *Urban sustainability in Europe – Opportunities for challenging times*. <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-sustainability-in-europe>
- Global CCS Institute (2021). *Global Status of CCS 2021*. VIC 3000. <https://www.globalccsinstitute.com/resources/global-status-report/download/>
- IPCC Secretariat (2022). *IPCC AR6 Synthesis Report Climate Change 2022*. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- Kuittinen M., Hautamäki R., Tuhkanen E., Riikonen & Ariluoma M. (2021). Environmental Product Declarations for plants and soils: how to quantify carbon uptake in landscape design and construction?. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 1100–1116. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01926-w>
- Regione Toscana (2018). *Linee Guida per la messa a dimora di specifiche specie arboree per l'assorbimento di biossido di azoto, materiale particolato fine e ozono*. Piano Regionale per la Qualità dell'Aria Ambiente. <https://www.regione.toscana.it/documents/10180/23809530/Allegato-1-LG-Piantumazione-agg.+31+dic-2021.pdf>
- Selosse S., & Ricci O. (2017). Carbon capture and storage: Lessons from a storage potential and localization analysis. *Applied Energy*, 188, 32-44. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.117>
- Tucci, F. (2018). *Green Building and Dwelling*. Altralinea Edizioni