

Atti del V Convegno Internazionale

RECYCLING

Proceedings of the 5th International Conference



a cura di / edited by
Adolfo F. L. Baratta
Laura Calcagnini
Antonio Magarò



RECYCLING

a cura di
Adolfo F. L. Baratta
Laura Calcagnini
Antonio Magarò

le grafiche sono realizzate mediante tecnologia TTI (*Text to Image*) ovvero tramite un algoritmo di intelligenza artificiale che interpreta *prompt* basati sulle parole chiave relative agli argomenti trattati nel presente volume degli atti.

the graphics are produced using TTI (Text to Image) technology: an artificial intelligence algorithm that interprets keyword-based prompts related to the topics covered in this volume of proceedings.

los gráficos se elaboran mediante la tecnología TTI (Text to Image): un algoritmo de inteligencia artificial que interpreta indicaciones basadas en palabras clave relacionadas con los temas tratados en este volumen de actas.

Atti del V Convegno Internazionale
**Il valore della materia nella
transizione ecologica del
settore delle costruzioni**

Proceedings of the 5th International
Conference
**The value of building materials
in the ecological transition of the
construction sector**

Acta de el V Congreso Internacional
**El valor de la materia en la
transición ecológica en el
sector de las construcciones**

a cura di | edited by | editado por
**Adolfo F. L. Baratta
Laura Calcagnini
Antonio Magarò**

ISBN: 979-12-5953-046-2

Anteferma Edizioni Srl
via Asolo 12, Conegliano, TV
edizioni@anteferma.it
Prima edizione: maggio 2023

Progetto grafico
Antonio Magarò
www.conferencerecycling.com



RECYCLING

**Il valore della materia nella transizione ecologica
del settore delle costruzioni**

*The value of building materials in the ecological
transition of the construction sector*

*El valor de la materia en la transición ecológica en el
sector de las construcciones*

Rossano Albatici – Università degli Studi di Trento
Paola Altamura – Sapienza Università di Roma
Adolfo F. L. Baratta – Università degli Studi Roma Tre
Graziella Bernardo – Università degli Studi della Basilicata
Laura Calcagnini – Università degli Studi Roma Tre
Eliana Cangelli – Sapienza Università di Roma
Agostino Catalano – Università degli Studi del Molise
Fabiola Colmenero Fonseca – Universitat Politècnica de València (Spagna)
Giuseppe Cultrone – Universidad de Granada, Spagna
Michela Dalprà – Università degli Studi di Trento
Michele Di Sivo – Università degli Studi "Gabriele D'Annunzio"
Carlos Alberto Duica Cuervo – Universidad El Bosque (Colombia)
Ornella Fiandaca – Università degli Studi di Messina
Camilo Alberto Forero Pineda – Universidad de Boyacá Tunja (Colombia)
Fabio Enrique Forero Suarez – Universidad El Bosque (Colombia)
Francesca Giglio – Università Mediterranea di Reggio Calabria
Roberto Giordano – Politecnico di Torino
Martino Hutz – Technische Universität Wien (Austria)
Rafaella Lione – Università degli Studi di Messina
Antonio Magarò – Università degli Studi Roma Tre
Luigi Marino – Università degli Studi di Firenze
Luigi Mollo – Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli"
Antonello Monsù Scolaro – Università degli Studi di Sassari
Florian Musso – Technische Universität München (Germania)
Luis Manuel Palmero Iglesias – Universitat Politècnica de València (Spagna)
Francisco Palomino Bernal – Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán (Messico)
Elisabetta Palumbo – Università degli Studi di Bergamo
Claudio Piferi – Università degli Studi di Firenze
Hector Saul Quintana Ramirez – Universidad de Boyacá Sogamoso (Colombia)
Ramiro Rodríguez Pérez – Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán (Messico)
Alessandro Rogora – Politecnico di Milano
Monica Rossi Schwarzenback – HTWK Leipzig (Germania)
Andrés Salas Montoya – Universidad Nacional de Colombia (Colombia)
Camilla Sansone – Università degli Studi del Molise
Marzia Traverso – RWTH Aachen University (Germania)
Antonella Violano – Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli"



COMITATO ORGANIZZATORE

Jacopo Andreotti – Università degli Studi Roma Tre

Massimo Mariani – Università degli Studi Roma Tre

Antonella G. Masanotti – Università degli Studi Roma Tre

Daniele Mazzoni – Università degli Studi Roma Tre

Mónica Alexandra Muñoz Veloza - Politecnico di Torino

Luca Trulli – Università degli Studi Roma Tre





Indice
Table of Contents
Índice

Premessa / Foreward / Prólogo

- _16** Premessa. Il Riciclaggio come processo creativo di innovazione

Foreword. Recycling as a creative process of innovation

Adolfo F. L. Baratta - Laura Calcagnini - Antonio Magarò

Saggi / Essays / Ensayos

- _26** Decarbonizzazione dei manufatti edilizi: metodologie per la valutazione della Whole Life Carbon e focus sulla fase di fine vita

Decarbonising buildings: Whole Life Carbon assessment methods and end-of-life stage focusing

Jacopo Andreotti - Roberto Giordano

- _36** Re-manufacturing and re-use practices for extending the value of short-life building components

Nazly Atta - Anna Dalla Valle - Serena Giorgi - Salvatore Viscuso

- _48** Il vetro piano in edilizia: dati e considerazioni in merito a produzione e riciclo

Flat glass in the construction industry: production and recycling data and considerations

Maria Antonia Barucco

- _58** Vivienda circular: Minimización de impactos ambientales y residuos de la construcción

Circular housing: minimizing environmental impacts and construction waste

Fabiola Colmenero Fonseca - Juan Francisco Palomino Bernal - Ramiro Rodríguez Pérez



- _68** Lost in transition. The burden of material resources for renewable energy sources
Massimiliano Condotta - Chiara Scanagatta - Elisa Zatta
- _80** La gestione dei rifiuti edili in Europa: stato dell'arte e prospettive future
Construction waste management in Europe: state of the art and prospects
Marco Giampaolotti - Fabrizio Amadei
- _92** Dalla cultura del riciclo alle buone pratiche
From the recycling culture to the best practices
Enza Santoro - Gigliola Ausiello

Ricerche / Researches / Investigaciones

- _108** Stampa 3D in argilla e lolla di riso. Dall'architettura al design per la transizione ecologica
3D printing in clay and rice husk. From architecture to design for the ecological transition
Paola Altamura - Anna Chiara Perotta
- _120** La circolarità delle risorse come driver d'innovazione nel settore dei laterizi
Circularity of resources as a driver of innovation in the brick sector
Jacopo Andreotti
- _132** Il rovesciamento della piramide. Superiuso dei Termovalorizzatori di Colleferro
The reverse Pyramid. Superuse of Colleferro Incinerators
Serena Baiani - Paola Altamura - Gabriele Rossini
- _146** Note per la lettura ambientale di uno stock edilizio scolastico
Notes for the environmental survey of a school buildings' stock
Roberto Bosco - Savino Giacobbe - Renata Valente



- _158** L'evoluzione normativa dei Criteri Ambientali Minimi per l'economia circolare nel settore edile: materia riciclata e disassemblabilità dei prodotti
The regulatory evolution of Minimum Environmental Criteria for the circular economy in the building sector: recycled material and disassemblability of products
Laura Calcagnini
- _174** Territorial Ecosystem for circular economies: Eco3R research project
Guido Callegari - Guglielmo Ricciardi - Giuseppe Roccasalva - Paolo Simeone
- _184** BIM for recycling management in architectural design
Agostino Catalano - Luigi Mollo - Camilla Sansone
- _194** L'innovazione circolare dei blocchi per murature: soluzioni che nobilitano il rifiuto
The circular innovation of wall blocks: solutions that ennoble waste
Alessandra Cernaro
- _210** Contribución a la economía circular: incorporación de vidrio en la producción de ladrillos
Contributing to the circular economy: glass addition in brick making
Laura Crespo-López - Giuseppe Cultrone
- _220** Modelo International Standards para la sostenibilidad de edificios (Etapa de uso y mantenimiento)
International Standards Model for Building Sustainability (Stage of use and maintenance)
Fabiola Colmenero Fonseca - Consuelo Gómez-Gómez - Andrés Salas Montoya
- _236** Harvest map of tangible and intangible resources in Watamu for sustainable architecture
Stefania De Gregorio



- _248** Estudiando el pasado para construir el futuro. La Arquitectura Vernácula y su aporte a la construcción del futuro como medida de mitigación del cambio climático
Carlos Alberto Duica Cuervo
- _262** L'innovazione tecnologica dei serramenti in PVC verso "modelli di produzione e consumo sostenibili"
The technological innovation of PVC window-frames toward production and consumption sustainable models
Ornella Fiandaca
- _274** Valutazioni multicriteriali per l'efficienza nei processi di riciclaggio
Multicriteria evaluation for recycling process efficiency
Fabrizio Finucci - Antonella G. Masanotti - Daniele Mazzoni
- _286** Fotovoltaico tra prestazione e sostenibilità: una sfida per il futuro
Photovoltaics between performance and sustainability: a challenge for the future
Letizia Giusti - Marianna Rotilio - Gianni Di Giovanni
- _296** Il riutilizzo di spolia edili: Qasr Rabba in Giordania. Un caso esemplare
The reuse of building spolia: Qasr Rabba in Jordan. An exemplary case
Jacqueline Gysens Calzini - Luigi Marino
- _308** Calcestruzzo con aggregati di laterizio riciclato. Machine learning per la previsione prestazionale e trattamento dei dati per la gestione dell'errore
Recycled brick aggregate concrete. Machine Learning for performance prediction and data processing for error management
Antonio Magarò



- _318** Assessing the externalities of a waste management system via life cycle costing: The case study of the Emilia-Romagna Region (Italy)
Chiara Magrini - Alessandro Dal Pozzo - Alessandra Bonoli
- _330** Potenzialità d'utilizzo nell'ambiente costruito delle risorse di prossimità
Potential use of proximity resources in the built environment
Marco Migliore - Matteo Clementi - Giancarlo Paganin
- _340** Scarti di granito e cave dismesse per futuri scenari eco-innovativi in Sardegna
Granite scraps and abandoned quarries for future eco-innovative scenarios in Sardinia
Antonello Monsù Scolaro - Cheren Cappello
- _352** Valutazione BIM-based ex ante dei rifiuti da C&D per la demolizione selettiva
BIM-based preliminary C&D waste assessment for selective demolition
Marina Rigillo - Giuliano Galluccio - Federica Paragliola - Sara Piccirillo - Sergio Tordo
- _366** Concretos de alta resistencia con humo de sílice y con diferentes fuentes de agregados gruesos
High strength concretes with silica fume and three different sources of coarse aggregates
Andrés Salas Montoya - Fabiola Colmenero Fonseca
- _376** Circular strategies within building processes: emerging needs and perspectives
Cinzia Talamo - Giancarlo Paganin - Nazly Atta
- _390** Il vetro piano: potenziale inespresso di un rifiuto da costruzione e demolizione
Flat Glass: untapped potential of a construction and demolition waste
Luca Trulli



Architetture / Architectures / Arquitecturas

- _406** Valorización de residuos de producción industrial en elementos de cierre de edificios
The valorisation of industrial production waste in building closure elements
Graziella Bernardo - Luis Manuel Palmero Iglesias
- _418** Architectural jam sessions. Harmonized improvisations from recycled components in Casamatta, Mulini di Gurone, Malnate, Italy
Gian Luca Brunetti
- _430** Il recladding degli edifici per uffici. Un esempio applicato di progettazione integrata
The recladding of office buildings. An applied example of integrated design
Michele Conteduca - Valerio Fonti
- _442** Riuso e riciclo di elementi e componenti prefabbricati per gli stadi di Qatar 2022
Reuse and recycling of prefabricated elements and components for Qatar 2022 stadiums
Massimo Mariani
- _454** Construcción circular en asentamientos informales: de residuos a hogares
Circular construction in informal settlements: from waste to home
Mónica Alexandra Muñoz Veloza
- _468** Esperienze di progetto attraverso processi di "urban mining"
Design experiences through "urban mining" processes
Alessandro Rogora - Paola Leardini



_482 C'erano una volta vecchi attrezzi e scarti agricoli: il progetto di un Parco Circolare

Once upon a time there were disused farm tools and agricultural wastes: the Circular Park project

Silvia Tedesco - Elena Montacchini - Annalisa Gino - Jacopo Gasparotto

Ringraziamenti / Acknowledgment / Agradecimientos

_496 Ringraziamenti

Acknowledgement



**La circolarità delle risorse come
driver d'innovazione
nel settore dei laterizi**

*Circularity of resources as a
driver of innovation
in the brick sector*

Jacopo Andreotti _jacopo.andreotti@uniroma3.it

PhD student

Università degli Studi Roma Tre

Dipartimento di Architettura

Summary

Tackling the consumption of resources, the production of waste, and the emission of greenhouse gas are the main challenges that the construction sector will have to face in the immediate future to achieve the climate neutrality foreseen by the European Union by 2050.

Extracting, producing, using, and throwing away is, therefore, a sequence of operations unsuitable for pursuing sustainable development goals. However, even though European policies foster the recovery and recycling of waste, activities related to the construction process are still mainly responsible for its production. Moreover, reusing recovered or recycled material still needs to be improved.

Consequently, there is a growing demand to address research pathways that can trigger a change in how construction actors manufacture products and buildings. These experiences encourage applying production and resource-use circular models. Within this perspective, the "Circularity of Material Resources" project – financed by European PON funds on a Green theme – intends to act operationally on a case study in the brick sector. It investigates strategies and actions to prevent the waste of resources and reduce environmental impacts. Currently engaged in the first phase of studying the critical issues and the opportunities affecting the brick sector, the project exploits a combination of traditional and innovative approaches to research new circular processes and product solutions.

In this regard, the article illustrates the qualitative-quantitative analysis of the partner company's product system, carried out by the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, and then reflects on the opportunities for innovation related to the use of waste and by-products in the brick sector.

**Bricks, Circular economy, Recycling, Resources recovery,
Sustainable solutions**

Introduzione

Il settore delle costruzioni riveste un ruolo significativo nell'economia dell'Unione Europea (UE), contribuisce infatti nel generare il 10,7% del suo Prodotto Interno Lordo, garantendo un posto di lavoro a circa 12,8 milioni di persone, suddivise in 3,6 milioni di imprese [ECIF, 2021]. Progettare, costruire, utilizzare e dismettere sono però una sequenzialità di processi connessi ai manufatti edilizi – siano essi edifici residenziali, uffici o infrastrutture – che comportano il consumo di risorse, l'emissione di gas serra e la produzione di rifiuti. In particolare, si stima che il settore delle costruzioni impieghi circa il 50% delle risorse materiche estratte annualmente [COM 98, 2020] e il 40% delle risorse energetiche [COM, 2019]. Tali fabbisogni di risorse determinano l'emissione di circa 4 miliardi di tonnellate di gas a effetto serra all'anno [EEA, 2022], corrispondenti al 36% delle emissioni totali dell'UE [COM 662, 2020]. In termini invece di rifiuti prodotti, le attività di costruzione e demolizione (C&D) generano un volume di circa 800 milioni di tonnellate di scarti [Eurostat, 2022].

Per far fronte a queste problematiche, la Commissione Europea ha varato una serie di piani per efficientare l'uso delle risorse e, contestualmente, evitare l'emissione di gas serra. Tra i vari programmi, il *Green Deal* Europeo [COM, 2019] e la *Renovation Wave* [COM 662, 2020] assumono un'importanza strategica per il settore delle costruzioni, ribadendo la necessità di adottare modelli circolari in tutte le fasi del processo edilizio. L'economia circolare [COM 98, 2020] è un approccio sistematico e sostenibile che coinvolge persone, aziende, città e territori, votato a un uso efficiente e perpetuo delle risorse, in cui il concetto di rifiuto non esiste [Spilhaus, 1970].

Tra le principali strategie proposte per "chiudere il cerchio", contestualmente alla collaborazione tra i diversi attori della filiera edilizia, si incentiva la proliferazione di prodotti sostenibili, contraddistinti da principi di durabilità, riutilizzabilità e riciclabilità.

Tali caratteristiche favoriscono la transizione verso un modello di crescita rigenerativo e rappresentano il presupposto per raggiungere la neutralità climatica prevista per il 2050. Tuttavia, da una lettura approfondita dei dati sul fine vita dei materiali, si evince come tali politiche e pratiche siano recepite e attuate in modo differente dai diversi Stati dell'UE. Confrontando infatti i dati italiani con la media europea, i rifiuti avviati a processi di riciclo raggiungono una percentuale record di 83,4% contro una media continen-



tale di 53,8%. Ciononostante, il tasso d'uso di materiale riciclato rispetto al totale della materia consumata è ancora drasticamente basso, l'Italia ne impiega il 21,6% mentre la media EU non supera il 12,8% [Symbola, 2022]. In un contesto come quello descritto, è fondamentale riflettere sulle attuali pratiche che contraddistinguono il settore delle costruzioni, incentivando la collaborazione tra tutti gli attori della filiera, a partire dai produttori di materiali e componenti.

Tali figure, in un'ottica circolare, sono di fatto l'inizio e la fine del cerchio. Si rende pertanto necessario dare avvio a esperienze di ricerca a lungo termine con l'obiettivo di incentivare la condivisione di *know-how* e di risorse [Baratta, 2014].

Il progetto: circolarità delle risorse materiche

Nel novero delle ricerche sperimentali del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi Roma Tre, il progetto "Circolarità delle Risorse materiche" – finanziato su fondi PON a tematica *Green* [MUR, 2021] – si confronta con la necessità del settore dei laterizi di transitare verso model-

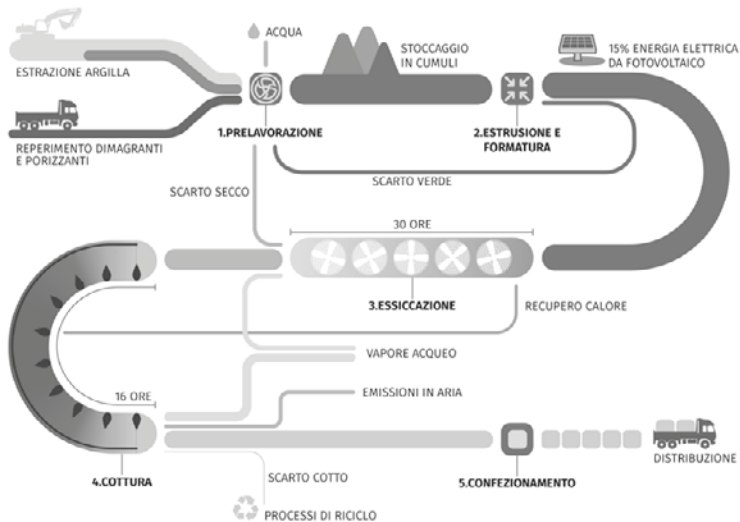


Figura 1. Processo produttivo del laterizio presso il Gruppo Ripa Bianca [Elaborazione dell'autore].



li di produzione sostenibili. Il progetto promuove un'esperienza di ricerca cooperativa tra aziende e università, con l'obiettivo di prevenire lo spreco di risorse e di ridurre gli impatti ambientali dei prodotti in laterizio. Le attività, coordinate dall'Università degli Studi Roma Tre, sono svolte in collaborazione con le aziende Gruppo Ripa Bianca (GrRB) e Sfridoo S.r.L., con il Laboratorio Sistemi Tecnologici Innovativi (LaSTIn) del Politecnico di Torino e con il Dipartimento di Mineralogia e Petrologia dell'Università di Granada. La ricerca è contraddistinta da due sezioni: la prima "Harvesting" si basa su attività di analisi, catalogazione e valutazione di dati e informazioni; la seconda "Experimenting" prevede che i risultati della prima fase di studio confluiscono nella ricerca e nello sviluppo dei prodotti in laterizio e nell'ottimizzazione dei processi produttivi dell'azienda partner, attraverso la sperimentazione di pratiche circolari quali il recupero, il riciclo e la valorizzazione di rifiuti e sottoprodotti.

Il progetto, impegnato nella prima sezione, si avvale di strumenti di valutazione del ciclo di vita, per identificare le criticità che caratterizzano la produzione dei laterizi così come i margini entro cui intervenire. Contestualmente, si esplorano esperienze di ricerca pregresse e in corso, al fine di

| Flussi di input | Valori riferiti a una tonnellata (2021) | Flussi di output |
|--|---|---------------------------|
| Argilla (ton) | 1,11E+00 | |
| Dimagranti (ton) | 2,49E-01 | |
| Porizzanti (ton) | 1,05E-01 | |
| Acqua (ton) | 1,25E-01 | |
| Gasolio (ton) | 3,73E-04 | |
| Energia elettrica da rete (MJ) | 1,42E+02 | |
| Energia elettrica da fotovoltaico (MJ) | 3,09E+01 | |
| Metano (m ³) | 3,39E+01 | |
| | 1,00E+00 | Prodotto finito (ton) |
| | 1,22E-02 | Scarti di laterizio (ton) |
| | 5,73E-01 | Vapore acqueo (ton) |
| | 1,40E-01 | Emissioni in aria (ton) |
| | 2,47E-05 | Polveri (ton) |

Tabella 1. Inventario del sistema prodotto del GrRB per l'anno 2021 [Elaborazione dell'autore].



indirizzare la selezione di nuovi possibili scarti e vettori energetici capaci di innovare il processo e il prodotto.

Life Cycle Assessment, uno strumento per identificare criticità e opportunità

La *Life Cycle Assessment* (LCA) è una metodologia di valutazione degli impatti ambientali e dei fabbisogni energetici di un determinato bene, sia esso un prodotto o un servizio. Uno studio LCA quantifica i flussi di input (materie prime, combustibili, etc.) e i relativi i flussi di output (prodotti finiti, emissioni, scarti, etc.) di un sistema prodotto [1]. In questo senso, il progetto ha adottato tale metodologia come strumento di indagine quali-quantitativo del processo realizzativo dei laterizi, capace non solo di restituire le informazioni ambientali ma anche una conoscenza approfondita delle varie fasi (Figura 1) che caratterizzano la produzione e i prodotti del GrRB.

Lo studio, basato sui dati di produzione del 2021, si è esteso dal reperimento delle materie prime (*Cradle*) al cancello dell'azienda (*Gate*), momento in

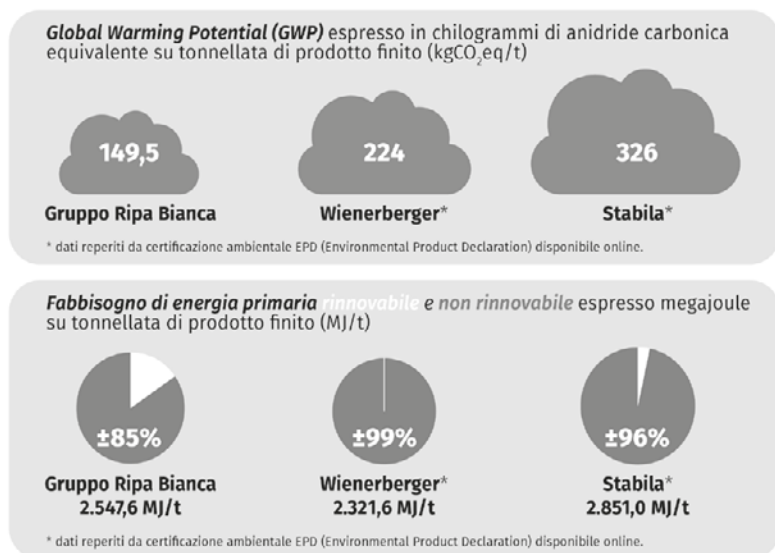


Figura 2. Impatti ambientali e fabbisogni energetici del GrRB [Elaborazione dell'autore da dati reperibili da certificazioni EPD disponibili online].



cui il prodotto è pronto per essere immesso sul mercato. La tabella 1 illustra i dati di inventario che definiscono i principali flussi di input e di output per la produzione di una tonnellata di laterizio. Come si evince dalla tabella 1, il *mix-design* delle miscele di laterizio del GrRB è costituito da una quota considerevole di argilla, materia prima estratta nella cava limitrofa allo stabilimento. Mentre gli additivi dimagranti e porizzanti – utilizzati per stabilizzare il ritiro dell'argilla in fase di essiccazione e cottura, alleggerire il prodotto finito e ridurre i consumi energetici per la cottura – sono caratterizzati da una miscela di materia da recupero e sottoprodotti, prelevati da aziende limitrofe all'impianto produttivo. Tra i flussi di output emerge invece come il vapore acqueo rappresenti una porzione cospicua delle emissioni in aria. Sebbene tale rilascio possa contribuire al riscaldamento globale, *Intergovernmental Panel on Climate Change* [IPCC, 2021] specifica come sia meno influente rispetto ad altri gas serra, quali ad esempio anidride carbonica (CO₂) e metano (CH₄). Al termine della fase di inventario, i dati sono stati caricati sul software SimaPro per valutarne gli impatti e i consumi. La figura 2 mostra i risultati relativi al *Global Warming Potential* [2] e ai fabbisogni di energia primaria rinnovabile e non rinnovabile, confrontandoli con i valori di alcuni prodotti presenti sul mercato. Dal confronto emerge come, seppur il fabbisogno energetico sia simile tra tutti i prodotti presi in esame, il GrRB utilizzi una maggiore quota parte di energia rinnovabile, tale da ridurre gli impatti ambientali. Ciononostante, è altresì vero che il consumo di materie prime vergini e di metano fossile rappresentano ancora una porzione significativa nel bilancio complessivo. Inoltre, i processi che più incidono in termini di impatti e consumi sono l'essiccazione e la cottura, i quali hanno già subito interventi di ottimizzazione (ad esempio sistemi di recupero del calore, rivestimento antidisersione, etc.) e non possono essere rimpiazzati. Diviene quindi cruciale esplorare le opportunità dettate da rifiuti e sottoprodotti come sostituti dell'argilla vergine e, al contempo, identificare nuovi possibili combustibili.

Laterizio: come innovare il processo e il prodotto?

Il progetto "Circolarità delle risorse materiche" intende fornire delle risposte pratiche alle questioni relative alla materia e all'energia che interessano il settore dei laterizi. In questo senso, il contesto internazionale offre ad oggi innumerevoli esperienze di ricerca. In riferimento al processo, i più



recenti studi si concentrano sui possibili benefici economici e ambientali derivanti dalla sostituzione di una quota parte di metano con combustibili sostenibili. Tra di essi, il biometano – prodotto tramite valorizzazione di scarti agroalimentari – può essere una valida soluzione [Carvalho et al, 2023]. A questo proposito, la direttiva REDII [D.lgs. 199/2021] ha imposto nuove linee guida per la produzione del biometano, per il quale deve essere verificata una riduzione dell'80% delle emissioni rispetto a un'equivalente produzione di metano fossile. L'introduzione di tale risorsa rinnovabile può dimezzare le emissioni di gas serra per la realizzazione dei prodotti in laterizio [Repele e Bazbauers, 2015].

anche opportuno segnalare che l'azienda MBH ha ricevuto l'approvazione del Governo britannico per dare avvio al progetto *Deep Decarbonisation of Brick Manufacturing* [MBH, 2022], con l'obiettivo di sostituire il metano con l'idrogeno e condurre così a una completa decarbonizzazione del processo produttivo dei laterizi. Per quanto concerne la materia, le pratiche circolari possono orientare lo sviluppo di nuove miscele sostenibili e

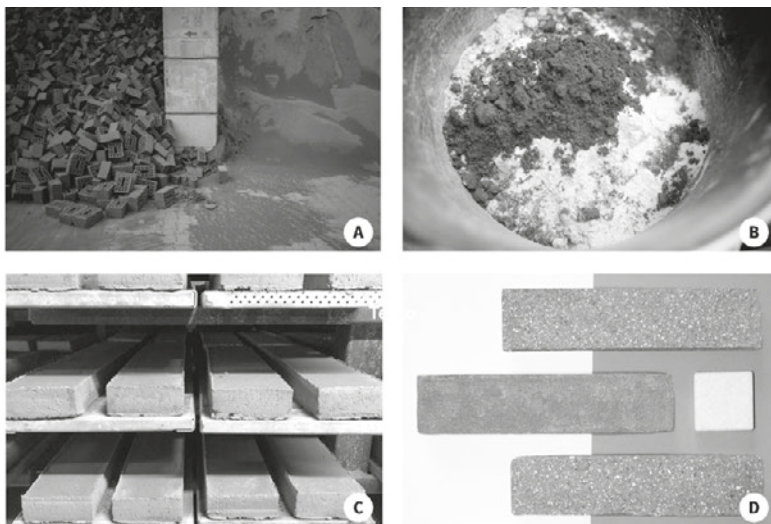


Figura 3. StoneCycling: processo produttivo di un WasteBasedBrick®. A) Macinazione di laterizi post-uso; B) Miscelazione con leganti; C) Cottura; D) Prodotto finito [fonte: stonecycling.com].

la ricerca di nuove soluzioni di prodotto. In questo conteso, le esperienze sull'implementazione delle miscele si interrogano sui possibili benefici derivanti dall'utilizzo di scarti in sostituzione della frazione argillosa, ne sono un esempio i fanghi di depurazione delle acque [Cangussu e Vasconcelos, 2022] gli ossidi di ferro [Mendes et al, 2019] e le terre bentonitiche [Javed et al, 2020]. L'attività di ricerca sul campo del progetto "Circolarità delle risorse materiche" deve, quindi, essere capace di intercettare possibili rifiuti, materiali da recupero e sottoprodotti presenti sul territorio e di valorizzarli all'interno delle miscele di laterizio. È tuttavia fondamentale considerare che tali sostanze possono ritenersi delle sostituzioni parziali alla materia prima, in percentuali comprese tra il 10% e il 30%, ma non delle alternative. Ciononostante, contribuiscono a limitare le estrazioni di argilla vergine e lo spreco di risorse (molte di queste sostanze sono ad oggi destinate allo smaltimento in discarica) come anche a ridurre gli impatti ambientali. Validando poi la comune concezione del laterizio, le ricerche si stanno dedicando alla sperimentazione di nuove soluzioni di prodotto. In questo senso, le esperienze più significative riguardano mattoni realizzati interamente con scarti da C&D [StoneCycling, 2023], soluzioni ultraleggere per il miglioramento delle prestazioni isolanti [Pasupathy et al, 2021] e, non ultimo, applicazioni nanotecnologiche per lo stoccaggio dell'energia elettrica [Wang et al, 2022]. Questi percorsi di ricerca sperimentali, alcuni dei quali in fase di industrializzazione come nel caso di *StoneCycling* (Figura. 3), evidenziano la capacità del laterizio di essere un prodotto funzionale anche oltre la sua vita utile di servizio, comunemente stimata intorno ai 150 anni [TBE, 2020]

Conclusioni

Le esperienze internazionali dimostrano che la circolarità delle risorse può essere un *driver* di innovazione per il processo produttivo e i prodotti in laterizio, riducendo sia il consumo di risorse sia l'emissione di gas serra, ma la sua attuazione necessita di uno sforzo congiunto tra gli "attori" che animano il processo edilizio. Nello specifico, è indispensabile che l'impegno profuso nel riciclare i prodotti a fine vita trovi, di contraltare, una domanda crescente di materiale riciclato per la produzione di nuovi prodotti ed elementi tecnici. In tal senso, i Criteri ambientali Minimi (CAM) – così come illustrati nel più aggiornato decreto n.256/2022 – introducono una soglia minima di contenuto di riciclato nei nuovi prodotti che, in alcuni casi, è già ampia-



mente superata. I CAM sono quindi uno strumento di supporto nell'incrementare la domanda di questi prodotti ma dovranno essere aggiornati nel tempo, al fine di favorire una sempre più maggiore circolarità delle risorse. Si rende, inoltre, opportuno ripensare ad alcuni "ostacoli" normativi che rallentano i possibili utilizzatori di materiale riciclato, un esempio riguarda la procedura semplificata per il recupero dei rifiuti, la quale è soggetta ai limiti imposti dal Decreto 5 febbraio 1998 [3] sui quantitativi massimi recuperabili annualmente. Il progetto "Circolarità delle risorse materiche" si inserisce in un contesto complesso e in evoluzione, promuovendo l'applicazione di politiche circolari di scambio e valorizzazione delle risorse, attraverso la collaborazione reciproca tra aziende, centri di ricerca e università. La cooperazione tra le diverse figure diventa uno strumento per facilitare il trasferimento del *know-how* tecnico e delle attività sperimentali, velocizzando così il passaggio dalla scala di laboratorio a quella industriale. Il progetto si rende pertanto portavoce di un approccio alla ricerca, capace non solo di fornire delle risposte puntuali per il caso di studio ma anche di definire nuove possibili "strade" che il settore dei laterizi deve percorrere per allinearsi agli obiettivi di sviluppo sostenibile.

Un cambio di passo e di mentalità non è più quindi da intendere come un atto volontario, demandato ad alcune visionarie esperienze di ricerca o *start-up*, bensì obbligatorio per raggiungere la neutralità climatica prevista dall'UE per il 2050.

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare il dott. Michele Marconi, l'arch. Mario Lazzaroni, il prof. Adolfo F. L. Baratta e il prof. Roberto Giordano per il supporto nelle attività di ricerca.

Note

- [1] Il sistema prodotto si riferisce all'insieme dei processi caratterizzanti il ciclo di vita di un determinato bene. Può estendersi dall'estrazione della materia prima alla realizzazione del bene (*Cradle to Gate*), fino al suo smaltimento (*Cradle to Grave*) o recupero (*Cradle to Cradle*).
- [2] Il *Global Warming Potential* (GWP) è una categoria di impatto ambientale che stima l'influenza di una data quantità di gas serra (ad esempio il metano) sul cambiamento climatico [IPCC, 2021].



[3] Decreto 5 febbraio 1998: Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo n.22 del 5 febbraio 1997.

Referenze bibliografiche

Baratta, A. F. L. [2014]. "Trasferimento tecnologico in un settore industriale in crisi. Il rapporto tra università e industria dei laterizi italiana", *Techne*, 8, pp. 54-61.

Cangussu, N.; Vasconcelos, L. M. [2022]. "Environmental benefits of using sewage sludge in the production of ceramic bricks", *Environmental Science and Pollution Research*.

Carvalho, F. S.; Reis, L. C. B. S.; Lacava, P. T.; Araújo, F. H. M.; Carvalho, J. A. [2023]. "Substitution of Natural Gas by Biomethane: Operational Aspects in Industrial Equipment", *Energies*, 16, p. 839.

Commissione Europea [2019]. COM(2019) 640 final. "Il Green Deal europeo", disponibile da <https://eur-lex.europa.eu> (Ultima consultazione: 02.02.2023).

Commissione Europea [2020]. COM(2020) 98 final. "Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare Per un'Europa più pulita e più competitiva", disponibile da <https://eur-lex.europa.eu> (Ultima consultazione: 01.02.2023).

Commissione Europea [2020]. COM(2020) 662 final. "Un'ondata di ristrutturazioni per l'Europa: investire gli edifici, creare posti di lavoro e migliorare la vita". Disponibile da <https://eur-lex.europa.eu> (Ultima consultazione 02.02.2023).

Decreto Legislativo 08.11.2021, n. 199, Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili" (2021, 30 novembre) (Italia). Gazzetta Ufficiale, (285), 1-50.

European Construction Industry Federation (ECIF) [2021]. "Statistical Report", disponibile da <https://fiec-statistical-report.eu/2021/> (Ultima consultazione: 01.02.2023).

European Environment Agency (EEA) [2022]. "Approximated estimates for greenhouse gas emissions", disponibile da www.eea.europa.eu (Ultima consultazione: 02.02.2023).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [2021]. *Climate Change*



- 2021: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I*, Cambridge University Press.
- Javed, U.; Khushnood, R. A.; Memon, S. A.; Jalal, F. E.; Zafar, M. S. [2020]. "Sustainable incorporation of lime-bentonite clay composite for production of ecofriendly bricks", *Journal of Cleaner Production*, 263, p. 121469.
- Mendes, B. C.; Pedroti, L. G.; Fontes, M. P. F.; Ribeiro, J. C. L.; Vieira, C. M. F.; Pacheco, A. A.; de Azevedo, A. R. G. [2019]. "Technical and environmental assessment of the incorporation of iron ore tailings in construction clay bricks", *Construction and Building Materials*, 227, p. 116669.
- Michelmersh Brick Holdings [2022]. "HyBrick: The World's First Trial of 100% Hydrogen Fired Clay Bricks", disponibile da www.mbhplc.co.uk (Ultima consultazione: 06.02.2023).
- Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) [2021]. Decreto Ministeriale n. 1061 del 10.08.2021. "Dottorati di ricerca su tematiche green e dell'innovazione: nuove risorse dal PON Ricerca e Innovazione 14-20", disponibile da www.mur.gov.it (Ultima consultazione: 02.02.2023).
- Pasupathy, K.; Sayanthan, R.; Sanjayan, J. [2021]. "Formulating eco-friendly geopolymer foam concrete by alkali-activation of ground brick waste", *Journal of Cleaner Production*, 325, p. 129180.
- Repele, M.; Bazbauers, G. [2015]. "Life cycle assessment of renewable energy alternatives for replacement of natural gas in building material industry", *Energy Procedia*, 72, pp. 127-134.
- Spilhaus, A. F. [1970]. "The Next Industrial Revolution". *Science*, 167, p. 1673.
- StoneCycling [2023]. "WasteBasedBricks®", disponibile da www.stonecycling.com (Ultima consultazione: 06.02.2023).
- Symbola e Unioncamere [2022]. "GreenItaly 2022. Un'economia a misura d'uomo contro le crisi", disponibile da www.symbola.net (Ultima consultazione: 02.02.2023).
- Tiles & Bricks Europe [2020]. "Internal Guidance Document on TBE PCR for Clay Construction Products", disponibile da www.tiles-bricks.eu (Ultima consultazione: 17.02.2023).
- Wang, H.; Diao, Y.; Yang, H.; Zhou, Q.; Chrulski, K.; D'Arcy, J. M. [2022]. "Energy storing bricks for stationary PEDOT supercapacitors", *Nature Communications*, 11, 3882.



finito di stampare nel mese di
maggio 2023

Il V Convegno Internazionale Recycling, dedicato a "Il valore della materia nella transizione ecologica del settore delle costruzioni" si è tenuto a Roma il 26 maggio 2023, confermandosi come uno dei principali luoghi di confronto tra accademici e *stakeholders*. Il Comitato Scientifico, composto da docenti ed esperti provenienti da 24 Atenei internazionali, distribuiti su 4 Paesi e 3 continenti, ha selezionato i migliori contributi tra quelli pervenuti secondo la procedura *double blind peer review*. Come di consuetudine, i contributi sono stati suddivisi nelle tre sezioni del Convegno Internazionale: "Saggi", "Ricerche" e "Architettura". La raccolta degli atti ha come obiettivo la definizione dello stato dell'arte del riciclaggio nel settore delle costruzioni, oltre a fotografare la direzione verso la quale il mondo della ricerca scientifica si sta orientando. La moltitudine di punti di vista che caratterizza il presente volume è, probabilmente, il suo maggiore valore, restituendo un profilo innovativo e creativo sul tema.

The 5th International Conference Recycling, dedicated to "The value of building materials in the ecological transition of the construction sector" was held in Rome on May 26, 2023 confirming its status as one of the main venues for dialogue between academics and stakeholders. The Scientific Committee, consisting of professors and experts from 24 international universities, spread over 4 countries and 3 continents, selected the best papers among the ones received according to the double blind peer review. As usually, the papers were divided into the three sections of the International Conference: 'Essays', 'Research' and 'Architecture'. The aim of the proceedings is to define the state of the art of recycling in the construction sector, as well as to take a framework of the direction in which the world of scientific research is heading. The multitude of viewpoints that characterises this volume is probably its greatest value, providing an innovative and creative profile on the subject.

Adolfo F. L. Baratta, Architect and Ph.D. Since 2014, he is Associate Professor in Architectural Technology at the Roma Tre University.

Laura Calcagnini, Architect and Ph.D. Since 2019, she is Assistant Professor in Architectural Technology at Roma Tre University.

Antonio Magarò, Architect and Ph.D. Since 2021 he is Research Fellow in Architectural Technology at Roma Tre University.

ISBN 979-12-5953-046-2



9 791259 530462

€ 22,00