Università Iuav di Venezia
Scuola di Dottorato

Dottorato in Architettura, Città e Design
Nuove tecnologie
e informazione per l'Architettura,
la Città e il Territorio
XXXIII ciclo

REUSE DESIGN PROJECT

STRATEGIE E STRUMENTI PER IL RIUSO DI ELEMENTI EDILIZI IN ARCHITETTURA COME PRESERVAZIONE DELLE RISORSE MATERIALI

Elisa Zatta

Supervisore:
Massimiliano Condotta, Ph.D.

Università Iuav di Venezia
Scuola di Dottorato

Dottorato in Architettura, Città e Design
Nuove tecnologie
e informazione per l'Architettura,
la Città e il Territorio
XXXIII ciclo

REUSE DESIGN PROJECT

STRATEGIE E STRUMENTI PER IL RIUSO DI ELEMENTI EDILIZI IN ARCHITETTURA COME PRESERVAZIONE DELLE RISORSE MATERIALI

Elisa Zatta

Supervisore:
Massimiliano Condotta, Ph.D.

Abstract

La tesi di ricerca approfondisce il tema del riuso di prodotti e componenti edilizi quale strategia circolare e sostenibile per la gestione del costruito. Essa muove dalla duplice potenzialità che tale processo presenta attraverso la conservazione delle risorse materiali, limitando gli impatti dettati dalla produzione di rifiuti da costruzione e demolizione, nonché preservando, attraverso la conservazione formale e funzionale dell'elemento nella sua integrità, la cultura materiale che lo ha prodotto.
Partendo dal quadro teorico e dello stato dell'arte, la tesi si struttura attraverso quattro linee di indagine parallele e complementari, mirate a restituire la complessità del tema secondo una visione quanto più possibile trasversale.
La prima definisce il contributo dei processi di riuso a una sostenibilità intesa non solo in ottica ambientale, ma anche sociale, culturale ed economica. La seconda esamina il valore conferito alla pratiche di reimpiego da parte dei progettisti contemporanei, evidenziando come essi vi individuino un significato culturale, al quale si associano ragioni di matrice ambientale, etico-sociale o di potenzialità espressiva. La terza linea di indagine approfondisce le incongruenze e lacune della cornice normativa europea relativa al tema, individuando le ricadute di questo quadro sulle problematiche pregresse del settore. La quarta esamina la potenziale applicazione di questa strategia a scala urbana, definendo il *Reuse Design Project* quale "processo progettuale che, a partire dalla formulazione del concept di un nuovo edificio fino alla sua costruzione, prevede, studia e compie l'integrazione nello stesso di prodotti e componenti edilizi, derivanti da altre costruzioni, che il progettista individua e ritiene adeguati al progetto".
Gli esiti della ricerca consentono di determinare l'idoneità del riuso di prodotti e componenti edilizi quale strumento sostenibile per la gestione del costruito esistente, promuovendo la potenziale diffusione futura di tale approccio. Oltre a identificare suggerimenti e azioni da intraprendere in ambito normativo per favorire il reimpiego, la tesi propone degli strumenti operativi volti a massimizzare l'efficiacia del *Reuse Design Project*. L'applicazione di tali strumenti, simulata su di un caso studio reale, consente non solo di esaminarne gli esiti in termini di processo progettuale, ma anche di confrontarli con quelli di uno scenario convenzionale sotto il profilo della fattibilità tecnico-economica e degli impatti incorporati.
L'analisi dei risultati ottenuti evidenzia i caratteri innovativi propri dell'approccio progettuale volto al riuso di elementi edilizi, delle figure professionali coinvolte e della gestione del processo di decostruzione, nonché la formazione di tipo culturale necessaria per promuovere questa strategia nella pratica di architettura.

My thesis deals with the reuse of building products and components as a circular and sustainable strategy for the management of the current building stock. It builds upon the twofold potential that this process discloses, since, fostering the material resources conservation, it both limites the impacts of construction and demolition waste and preserves, along with the formal and functional integrity of an element, the material culture that created it.

Starting from the theoretical framework and the state of the art, the thesis is structured through four complementary lines of research, aiming at depicting the complexity of the topic through a cross-cutting perspective.

The first one defines the contribution of reuse processes to sustainability, meant not only in environmental terms, but in social, cultural, and economic sense as well. The second one examines the significance that contemporary practitioners identify in reuse practices, highlighting how they acknowledge, along with meanings of environmental, ethic, social and creative nature, also a cultural value. The third line of research dvelves into the inconsistencies and legal vacuums that the European legal framework concerning the topic shows, recognising the drawbacks they induce on the sector. The fourth one examines the possible application of this strategy on a urban scale, defining the Reuse Design Project as "the design process which, from the concept of a new building to its construction, considers, studies and accomplishes the integration of reclaimed building products and components that the designer identifies and considers as fit for the design".

The findings allow to determine the suitability of the reuse of building products and components as a sustainable instrument for the building stock management, promoting the potential future dissemination of this approach. Besides identifying suggestions and possible actions to undertake in the normative and policy fields to foster reuse in the construction field, the thesis proposes some operative instruments aiming to maximise the Reuse Design Project effectiveness. The application of such instruments, through a simulation on a case study, allows not only to analyse their output in terms of design process outcomes, but to confront them with the ones of a conventional scenario in the technical-economic feasibility and embodied externalities perspectives as well.

The analysis highlights the innovative nature of the design approach fostering the reuse of building elements, of the involved professional figures and the deconstruction process management, and the cultural bias necessary to promote this strategy in the architectural practice as well.

Abstract **4**
Ringraziamenti **11**

INTRODUZIONE **13**
Premessa **15**
Ambito di indagine e obbiettivi della ricerca **17**
Struttura della tesi **24**

PARTE I - INQUADRAMENTO TEORICO E STATO DELL'ARTE **31**

1. Gestione delle risorse e progettazione sostenibile: dalla linearità alla circolarità **33**

1.1. Radici dei principi circolari: pensiero ecologico, economico e sociale 33
1.1.1. Il concetto di chiusura del cerchio e le teorie dell'economia ecologica *33*
1.1.2. L'Uomo come autore, attore e vittima dell'Antropocene *39*
1.2. Oltre l'eredità dell'Antropocene: la gestione del capitale artificiale 44
1.2.1. Conservare il valore dei prodotti nell'economia: transizione verso la circolarità *44*
1.2.2. Dalla riduzione alla reintegrazione: progettare secondo cicli virtuosi *50*
1.2.3. Flussi e stock nel metabolismo urbano *53*
1.3. Progetto e circolarità: il ruolo dell'architetto nella gestione delle risorse materiali 55
1.3.1. Gli impatti del settore edilizio *55*
1.3.2. Il metabolismo materiale delle costruzioni in ambito urbano *59*
1.3.3. Implicazioni progettuali: architettura, tempo, risorse *61*
1.4. Conclusioni. Materia come risorsa: preservare il valore incorporato negli elementi 66
1.5. Bibliografia di capitolo 67

2. Il riuso di elementi edilizi in architettura come veicolo di contenuti **70**

2.1. "ri-", tra iterazione e rimando all'anteriorità: terminologia 70
2.1.1. Strategie di riappropriazione *70*
2.1.2. Definire il "valore di risorsa" nell'economia circolare *74*
2.2. Le pratiche di reimpiego di elementi architettonici dall'Età antica al Medioevo 78
2.2.1. Le aree urbane come "tabula scripta" *78*
2.2.2. Continuità dell'antico (i): pragmatismo e qualità formale *81*
2.2.3. Continuità dell'antico (ii): il valore simbolico degli spolia *84*
2.3. La sopravvivenza del riuso al Moderno: declinazioni, motivazioni e approcci 89
2.3.1. Dagli anni Venti al Secondo dopoguerra, recisione dei legami con la cultura materiale *89*
2.3.2. Il Secondo novecento dalla spinta ecologica alle accezioni simboliche *93*
2.4. Conclusioni. La lunga storia di ingegno e creatività delle pratiche di reimpiego 101
2.5. Bibliografia di capitolo 103

3. Circolarità delle risorse materiali in edilizia: strategie, politiche e normative **105**

3.1. Quadro delle strategie e politiche europee 105
3.1.1. Impatti ambientali del ciclo di vita dei prodotti *105*

3.1.2. Efficienza delle risorse materiali e Piani d'Azione per l'Economia Circolare *107*
3.1.3. Un framework trasversale: Obbiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) *114*
3.2. Inquadramento normativo per gli elementi edilizi di recupero 116
3.2.1. Prevenzione e gestione dei rifiuti nella Direttiva quadro europea *116*
3.2.2. La gerarchia dei rifiuti e l'ambigua posizione del reimpiego *119*
3.2.3. Linee guida per massimizzare la gestione efficiente dei rifiuti da C&D *121*
3.2.4. Come nuovi? Conformità al Regolamento per i Prodotti da Costruzione *126*
3.3. Prospettive nazionali per i rifiuti da costruzione e demolizione 128
3.3.1. Incentivare la sostenibilità: il PAN GPP *128*
3.3.2. Ruolo dei Criteri Ambientali Minimi in edilizia *129*
3.3.3. Risorse materiali e ciclo di vita degli edifici nel nuovo Codice Appalti *133*
3.4. Conclusioni. La promozione della circolarità nel settore delle costruzioni 135
3.5. Bibliografia di capitolo 137

4. Quantificare la sostenibilità: i benefici ambientali dei processi di reimpiego 140

4.1. Gli elementi edilizi nella prospettiva del ciclo di vita 140
4.1.1. Energia e carbonio incorporati nei materiali e prodotti da costruzione *140*
4.1.2. Scelte progettuali e implicazioni ambientali: valutazione LCA *144*
4.2. Il profilo ambientale degli elementi di riuso 147
4.2.1. Gestire nuova costruzione e fine vita: responsabilità del progettista *147*
4.2.2. Valutazione del riuso nei principali protocolli di sostenibilità *148*
4.3. Conclusioni. Conservare la materia, contenere le esternalità 156
4.4. Bibliografia di capitolo 159

5. Strumenti per uso efficiente e circolarità delle risorse a scala edilizia e urbana 161

5.1. Progettare per l'estensione della vita utile e il reimpiego in architettura 161
5.1.1. La flessibilità degli edifici come garanzia: il Design for Change *161*
5.1.2. Incentivare la circolarità degli elementi: il Design for Disassembly *164*
5.1.3. Decostruire il costruito: premesse per il futuro *166*
5.2. "Mine the city!": strategie per liberare le "risorse a rendere" conservate nel costruito 168
5.2.1. Il tessuto edilizio contemporaneo come giacimento urbano *168*
5.2.2. Strategie di reimpiego a scala urbana *172*
5.2.3. Il ruolo dei database per l'incontro domanda-offerta degli elementi di riuso *180*
5.3. Principali linee di ricerca in ambito internazionale e nazionale 183
5.3.1. Stato dell'arte della ricerca europea *183*
5.3.2. Progetti di ricerca nel contesto italiano *196*
5.4. Conclusioni. *Urban mining*, strategia di valorizzazione tra ricerca e pratica 202
5.5. Bibliografia di capitolo 204

PARTE II - METODO E OBBIETTIVI 209

6. Approccio e metodo della ricerca 211

6.1. Definizione delle *research question* 211
6.2. Obbiettivi specifici e metodi 213
6.3. Prospettiva adottata 217
6.3.1. Collocazione rispetto alla ricerca esistente *217*
6.3.2. Collocazione rispetto allo stato dell'arte *217*
6.3.3. Originalità della ricerca *218*

PARTE III - ESITI DELLA RICERCA 221

7. Il riuso quale strategia sostenibile "oltre" il tema ambientale 223

7.1. Premessa e procedimento di indagine adottato 223
7.2. Contributi del reimpiego di elementi edilizi agli SDGs 225
7.3. Le posizioni della letteratura e della ricerca contemporanea 229
7.4. Conclusioni. Gli apporti del reimpiego ai quattro macro-ambiti della sostenibilità 235
7.5. Bibliografia di capitolo 236

8. La cultura materiale nell'interpretazione contemporanea del reimpiego in architettura 238

8.1. Premessa e procedimento di indagine adottato 238
8.1.1. Analisi dei casi studio: definizione dei parametri 238
8.1.2. Interviste ai practitioner: processo preparatorio 240
8.2. Il punto di vista dei *practitioner* 242
8.3. Analisi critico-interpretativa di casi studio contemporanei 253
8.4. Conclusioni. Il valore di risorsa negli elementi edilizi del passato 294
8.5. Bibliografia di capitolo 295

9. Ricadute del quadro normativo sulla pratica del riuso in architettura 296

9.1. Premessa e procedimento di indagine adottato 296
9.2. Limiti del quadro normativo 297
9.2.1. Elementi recuperati: vecchi prodotti o nuovi rifiuti? 297
9.2.2. Requisiti tecnici dei prodotti di riuso per la loro circolazione 300
9.3. Conseguenze sul mercato e prospettiva degli operatori del settore 303
9.3.1. Incertezze generate dall'interrelazione tra le diverse sfere normative 303
9.3.2. Problematiche intrinseche del processo edilizio di riuso 304
9.3.3. Ripercussioni dettate dal quadro normativo 305
9.4. Conclusioni. Le ricadute di una cornice frammentata sulla competitività della filiera 309
9.5. Bibliografia di capitolo 310

10. Applicazione di strategie circolari al patrimonio edilizio: il *Reuse Design Project* 311

10.1. Premessa e procedimento di indagine adottato 311
10.2. La potenziale applicazione a scala urbana dei processi di riuso 312
10.2.1. Fasi e attori del Reuse Design Project (Progetto di Reimpiego) 312
10.2.2. Implementazione del Reuse Design Project: on-site e urban mining 316
10.3. Quadro degli strumenti operativi per il *Reuse Design Project* 318
10.3.1. Analisi comparativa di metodologie esistenti per l'audit pre-demolizione 318
10.3.2. Ostacoli all'efficacia del Reuse Design Project a scala urbana 325
10.4. Conclusioni. Potenzialità e limiti degli strumenti esaminati nel contesto del RDP 332
10.5. Bibliografia di capitolo 333

PARTE IV - ANALISI DEI RISULTATI E OUTPUT DELLA RICERCA 335

11. L'apporto dei processi di riuso al progetto sostenibile di architettura 337

11.1. Contestualizzazione degli esiti dell'indagine 337
11.2. Interpretazione dei risultati emersi 338
11.2.1. Una sostenibilità trasversale 338

11.2.2. Motivazioni contemporanee: "oltre il puro valore materiale" ... *340*
11.2.3. Significato dei risultati in relazione agli obbiettivi specifici e ai proposti della tesi ... *342*
11.3. Bibliografia di capitolo ... 343

12. Incentivare le strategie di riuso per la gestione del costruito: indirizzi di azione ... 344

12.1. Contestualizzazione degli esiti dell'indagine ... 344
12.2. Interpretazione dei risultati emersi e output ... 345
12.2.1. Limitazione delle incertezze normative e delle loro ricadute ... *345*
12.2.2. Strumenti integrativi per le strategie di urban mining ... *348*
12.2.3. Significato dei risultati in relazione agli obbiettivi specifici e ai proposti della tesi ... *357*
12.3. Bibliografia di capitolo ... 358

13. Applicazione degli strumenti operativi a un caso studio ... 359

13.1. Definizione dell'oggetto di studio ... 359
13.2. Sperimentazione del modello di audit pre-demolizione ... 362
13.2.1. Descrizione del metodo adottato ... *362*
13.2.2. Esiti in termini progettuali ... *364*
13.2.3. Analisi dei risultati ... *367*
13.3. Valutazione della sostenibilità ambientale: il caso del riuso delle porzioni di muratura ... 380
13.3.1. Descrizione del metodo adottato ... *380*
13.3.2. Esiti in termini di fattibilità tecnico-economica e impatti incorporati. ... *391*
13.3.3. Analisi dei risultati ... *393*
13.4. Bibliografia di capitolo ... 402

PARTE V - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI ... 405

14. Discussione ... 407

14.1. Risvolti teorici dell'analisi ... 407
14.2. Progettare il riuso ... 408
14.2.1. Dal "bricoleur" allo "strategic thinker" ... *408*
14.2.2. Dalla demolizione alla decostruzione ... *410*
14.3. Tatto ... 412
14.4. Bibliografia di capitolo ... 414

15. Conclusioni ... 415

15.1. Sintesi della ricerca di dottorato ... 415
15.1.1. Note sul percorso ... *415*
15.1.2. Esiti raggiunti e loro rilevanza ... *417*
15.1.3. Relazione con altre linee di ricerca sul tema ... *419*
15.2. Limiti della ricerca ... 421
15.3. Possibili linee di sviluppo ... 422
15.4. Bibliografia di capitolo ... 424

APPARATI ... 427
Glossario ... 429
Bibliografia tematica ... 435

Ringraziamenti

Il prof. Massimiliano Condotta per l'inesauribile pazienza, l'infinita disponibilità e il prezioso costante confronto;
i docenti, collaboratori e dipendenti del laboratorio ArTec, in particolar modo la prof.ssa Valeria Tatano, e del laboratorio FisTec;
i dottorandi e DdR di Nuove Tecnologie: Emilio, Margherita, Chiara, Rosaria e Tiziano.

Tutti coloro che hanno contribuito alla mia ricerca con materiale, suggerimenti, incontri e interviste: Cécile, Arne, Nicholas; i responsabili e/o dipendenti delle imprese Eco G, Perale, Brenta Lavori, La Mela. Anna Grazia e Blendi per l'entusiasmo e l'impegno con cui hanno preparato la tesi di laurea.

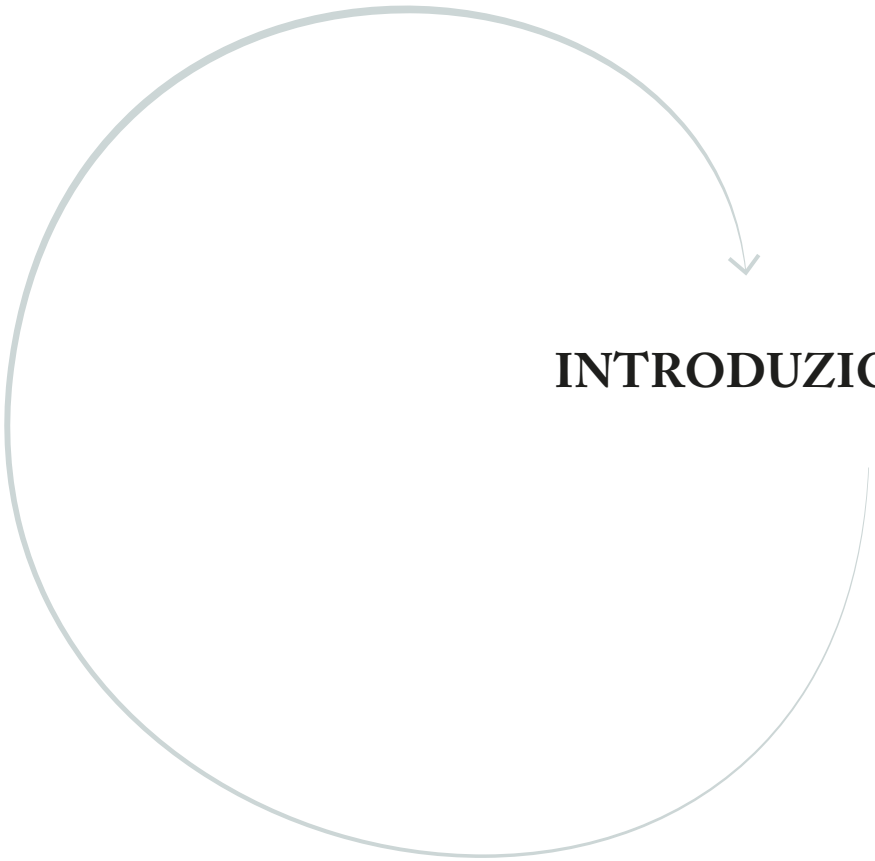
Chi mi è stato vicino in questo percorso, *intra* ed *extra Iuav*, *intra* ed *extra moenia*, per i suggerimenti e la sopravvivenza a *lockdown* e affini: Filippo, Giulia, Stefano.

Gli irriducibili e insostituibili Silvia, Dario e Arianna.

Più di chiunque altro mia mamma Flavia e mia sorella Ivana, per supportare incondizionatamente ogni mia scelta, soprattutto perché di rado le conoscono a priori.

Ho scritto i libri che non ha scritto, ho scalato le montagne che avrebbe voluto [...] Non si eredita il granaio, la casa, ma la penuria, il compito lasciato, la provvista mancata. (E. De Luca, Sulla traccia di Nives)





INTRODUZIONE



Premessa

Il concetto di riuso di elementi in architettura, declinabile sia come principio o strategia che come pratica, è connesso a due principali ambiti teorici.
Il primo fa riferimento alla gestione efficiente delle risorse. L'economia circolare è ormai considerata uno strumento fondamentale nel perseguire l'apparentemente impossibile, seppur auspicata, coesistenza tra l'andamento dei nostri schemi di produzione e consumo e la conservazione delle risorse naturali. In questa prospettiva, il settore edilizio e, in particolar modo, la gestione dei rifiuti derivanti da attività di costruzione e demolizione, rappresentano un'area di fondamentale importanza su cui agire.
Il secondo, considerando il riuso quale consolidata pratica tradizionale pre-industriale, è connesso ai concetti di parsimonia e di moderazione. In un passato – in alcuni casi neanche troppo distante – permeato da un necessario pragmatismo, nessuna *cosa* veniva considerata inutile e per essa si trovava sempre un secondo (se non terzo, o quarto) impiego, ricavandone un risparmio in termini economici e di lavoro. In questo senso, le pratiche di riuso rappresentano una espressione dell'ingegno umano.
La convergenza attualmente in corso fra queste due letture appartiene all'intersezione tra teorie ecologiche, sociali ed economiche, tra pratica architettonica e dinamiche del settore delle costruzioni.
Il quadro fin qui brevemente illustrato ha originato la principale domanda che ha motivato la mia ricerca: *può un principio che, in un mondo passato ricco di risorse naturali, era motivato dalla scarsità dei mezzi, essere replicato in modo efficace in un mondo attuale, ricco di mezzi, ma inesorabilmente soggetto alla scarsità di risorse naturali?*
Presto, *questa pratica riflette ancora dei contenuti di matrice culturale in architettura? Può contribuire nella contemporaneità alla transizione verso modelli più sostenibili di produzione e consumo? Il settore delle costruzioni e il mercato edilizio possiedono gli strumenti necessari?* e molte altre sono seguite.

pagine 10 e 12:
Area di lavoro adibita alla preparazione per il riutilizzo di elementi di pavimentazione, sede di Rotor DC, Bruxelles, dicembre 2019 (Elisa Zatta)

Il lavoro qui presentato è frutto di un percorso di ricerca triennale che ha portato alla realizzazione di alcune pubblicazioni.
Parte degli argomenti trattati nei capitoli [7], [8], [9] e [10] appare dunque in articoli di riviste scientifiche nazionali e internazionali, nonché in atti di convegni, qui di seguito riportati:

(i) Condotta M., Zatta E., 2020. "Riuso del tempo in architettura: la pratica del reimpiego di prodotti e componenti edilizi", in: *Techné* 20, pp. 113-121; [8]

(ii) Condotta M., Zatta E., 2020. "Reuse of architectural elements: shaping urban sustainability", in: *SMC* 11, pp. 87-92; [8]

(iii) Zatta E., 2020. "Reuse of building products and components: addressing normative barriers to enhance opportunities for C&D waste in the Circular Economy", in: *Proceedings of the 19th European Roundtable for Sustainable Consumption and Production (ERSCP 2019). Institute for Sustainability Science and Technology, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 15–18 October 2019, Book of Papers*, vol. 2, pp. 384-397, ISBN 978-84-09-16893-4; [9] [10]

(iv) Condotta M., Zatta E., 2019. "The Circular Economy in architectural design as a contribution to achieving SDGs. Opportunities and strategies for urban Construction and Demolition processes", in: *Proceedings of the International Conference on Energising the SDGs through appropriate technology and governance Institute of Energy and Sustainable Development, De Montfort University, Leicester, UK, 4-5 July 2019*, pp. 78-89, ISBN 978-1-85721-441-3. [7] [10]

Ambito di indagine e obbiettivi della ricerca

Ambito dell'indagine

Il tema affrontato concerne le strategie di *riuso* quali strumento per la *gestione sostenibile* dell'*ambiente costruito* esistente.
In campo architettonico, il termine *riuso* viene comunemente impiegato per designare i processi volti alla riappropriazione di manufatti costruiti in epoche precedenti, che ne trasformano la configurazione originaria al fine di attribuirvi una differente funzione d'utilizzo. Esulando da interventi di tipo strettamente conservativo, il riuso inteso come progetto dell'esistente[1] ha luogo nel momento in cui viene individuato nell'organismo edilizio un valore di risorsa che ne motiva la preservazione. Questi processi, alla luce delle attuali necessità di una gestione efficiente delle risorse e di una conservazione nel tempo del valore delle stesse, oltre a rappresentare un valido antidoto al consumo di suolo incoraggiano la *gestione sostenibile* del costruito contemporaneo. Essi permettono infatti una riappropriazione del patrimonio edificato che ne consente la permanenza, identificandolo quale oggetto dell'elaborazione architettonica e non come vincolo: un *ambiente costruito* operativo e vivente[2]. Alla base delle strategie descritte si colloca la valutazione della prestazione residua garantita dall'organismo edilizio, nei suoi sistemi ambientale e tecnologico, secondo un necessario approccio esigenziale-prestazionale.
Se si analizza con sguardo critico lo stock edilizio che caratterizza il territorio italiano, avente caratteri in buona parte ricorrenti nel contesto europeo, appare evidente che la prospettiva di una gestione sostenibile del costruito richieda tuttavia il ricorso a strumenti più ampi ed efficaci rispetto a quelli finora adottati. Il 50% circa dell'edificato residenziale nazionale è stato costruito tra il secondo dopoguerra e i primi anni Ottanta[3], dapprima come necessaria e immediata risposta alle esigenze abitative e successivamente come naturale conseguenza della crescita economica della classe media. Si tratta di una cospicua eredità materiale che, in virtù della ormai inderogabile transizione verso modelli sostenibili di gestione delle risorse, rischia tuttavia di rivelarsi, se non governata accuratamente, uno svantaggio sin dalla partenza. L'inadeguatezza di questo patrimonio edilizio[4] alle contemporanee necessità abitative, sociali, di

1 - Per approfondire questa prospettiva si veda: V. Di Battista, C. Fontana e M. R. Pinto (1995), *Flessibilità e riuso*; M.R. Pinto (2004), *Il riuso edilizio: procedure metodi esperienze*.

2 - Come evidenzia M. Imperadori (*Costruire sul costruito*, 2001), questa visione si fonda su di una volontà di conservazione (memoria culturale e tecnica), una volontà antropocentrica (di uso del manufatto architettonico) e un retaggio culturale occidentale (conservazione e trasmissione dell'abitazione)

3 - Dati riferiti allo stock edilizio residenziale italiano per epoca di costruzione, fonte: European Building Database, dataset 2010-2014

4 - Il termine 'patrimonio' viene comunemente impiegato in ambito edilizio come sinonimo di 'stock', per riferirsi in termini quantitativi, non qualitativi, al complesso dei beni immobili esistenti in una data regione e/o costruiti in un dato periodo. Astraendolo dal contesto specifico, il termine è definito dall'Enciclopedia

sicurezza e di efficienza energetica restituisce infatti un quadro per il quale non è plausibile immaginare l'attuabilità di trasformazioni edilizie appropriate che siano sempre economicamente convenienti. Sebbene le direttive comunitarie da tempo incoraggino l'efficientamento energetico del costruito esistente[5], una volta raggiunta la fine del proprio ciclo di vita buona parte di questi edifici sarà demolita per fare posto a nuove costruzioni rispondenti alle contestuali esigenze e logiche di mercato. A un costruito inadatto sotto profili differenti saranno così sostituiti degli edifici appropriati dal punto di vista distributivo, tecnico, sismico, funzionale ed energetico. In tale contesto, sommando l'efficienza energetica delle future nuove costruzioni agli esiti delle attività di ristrutturazione importante[6] è possibile immaginare che il risultato generale sarà quello di una riduzione dei consumi. Ciò nonostante, a questa ipotesi si associa una certezza: non diminuiranno, per contro, né il prelievo di materie prime per le attività edilizie, né la produzione di rifiuti derivanti da attività di costruzione e demolizione[7], in particolar modo nel quadro di interventi prospettato.

La riduzione dell'impronta materiale[8] del settore edilizio, tema di recente

---

Treccani come "il complesso dei beni, mobili o immobili, che una persona (fisica o giuridica) possiede" e, con uso estensivo e figurato, "l'insieme delle ricchezze, dei valori materiali e non materiali che appartengono, per eredità, tradizione e sim., a una comunità o anche a un singolo individuo". Partendo da queste premesse, è possibile intuire come l'impiego del termine 'patrimonio' nel dominio dell'architettura, in particolar modo quando riferito alla preservazione delle risorse, acquisisca una diversa sfumatura se si considera che il suo possesso – e dunque la sua fruizione – non è riferito a un unico proprietario, bensì a una comunità di proprietari e dunque, lato sensu, alla collettività. Fonte: http://www.treccani.it/vocabolario/patrimonio [accesso 20.04.2020]

5 - Tra queste la Direttiva 2010/31/EU sulla prestazione energetica in edilizia, che ha introdotto l'attestato di prestazione energetica per gli edifici, e la 2012/27/EU sull'efficienza energetica.

6 - Definita dalla Direttiva 2010/31/EU, "quando il costo complessivo della ristrutturazione per quanto riguarda l'involucro dell'edificio o i sistemi tecnici per l'edilizia supera il 25 % del valore dell'edificio, escluso il valore del terreno sul quale questo è situato" o "la ristrutturazione riguarda più del 25 % della superficie dell'involucro dell'edificio". In questa sede il riferimento allo specifico tipo di intervento è impiegato per sottolineare come sia necessario compiere un *retrofitting* importante dello stock edilizio in oggetto per ottenere rilevanti riscontri in tema energetico.

7 - Nonostante si concordi universalmente sulla necessità che il settore delle costruzioni adotti delle pratiche circolari, questo tema difficilmente si sposta dal dibattito teorico verso un'applicazione concreta ed efficace di questa strategia.

8 - Per 'impronta materiale' si fa riferimento, in questa sede, a un'accezione del termine riferita alla domanda di materie prime estratte e trasformate per la produzione di materiali, prodotti e componenti edilizi.
Il termine compare nel nome di diversi modelli statistici correntemente impiegati a livello internazionale nell'ambito della *material flow analysys*. L'Unione Europea definisce la *material footprint* come "la domanda globale di estrazione di materiali (biomassa, depositi materiali, minerali non metallici e vettori di energia fossile) innescata dal consumo e dagli investimenti di privati, governi e aziende" e impiega, per quantificarla, l'indicatore DMC (*Domestic Material Consumption*, consumo materiale interno). Tuttavia, il DMC non permette una lettura chiara del fenomeno a livello globale perché contabilizza il peso dei prodotti al passaggio del confine tra una nazione e l'altra, non quello delle materie estratte per realizzarli. Questo indicatore viene impiegato anche per calcolare la *Resource Productivity*, ovvero la quantità del materiale totale impiegato direttamente da una economia in relazione al PIL, allo scopo di verificare se sia in atto un disaccoppiamento tra prelievo delle risorse naturali e crescita economica. La *Resource Productivity* è l'indicatore ufficiale impiegato per valutare le politiche europee in termini di sviluppo sostenibile. Le Nazioni Unite adottano un approccio analogo, definendo la *Material Footprint* come la quantità di materiale estratto richiesto per soddisfare la domanda di un Paese. Tuttavia, come indicato da Wiedmann et al. (2015) nel saggio "*The material footprint of nations*" l'impiego di questi indicatori non permette ai Governi di vedere la reale entità del consumo di risorse naturali: gli autori definiscono quindi la *Material Footprint* come "la quota globale di materie prime estratte impiegate per la domanda finale dell'economia", che considera i flussi fisici di materiale dall'inizio della catena produttiva al consumatore. Fonti: Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php, [20.04.2020]; United Nations, https://

interesse, richiede un fondamentale decremento del consumo di risorse naturali e una loro gestione più consapevole per limitarne le esternalità in termini ecologici. In quest'ottica, nel corso dell'ultimo decennio[9] la Commissione Europea ha progressivamente diversificato l'approccio con cui perseguire minori impatti delle costruzioni sull'ambiente, adottando una visione trasversale che affianca all'efficienza energetica l'efficienza delle risorse materiali. Considerando l'intero ciclo di vita degli edifici, infatti, la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione si configura come ambito fondamentale sul quale agire perché queste risorse permangano più a lungo all'interno dell'economia. In tale prospettiva, la transizione verso la circolarità appare l'unica possibile soluzione in grado di rimediare agli impatti dell'andamento lineare dei modelli di produzione e consumo.
Come ricorda Walter R. Stahel, nell'ambito industriale contemporaneo l'economia circolare può essere attivata in quanto complementare a quella lineare[10], poiché è proprio quest'ultima a fornire lo *stock* di prodotti che la prima si trova a gestire. Ciò nonostante, adottando questa strategia nel lungo termine, è possibile che il paradigma circolare raggiunga una fase di maturità e integri, all'interno di un unico *loop*, anche il segmento lineare della produzione. Questa prospettiva trova già riscontro nell'ambito edilizio, laddove applicata a una progettazione più consapevole delle costruzioni future: nonostante non sia ancora implementato su larga scala, il tema del *Design for Disassembly*[11] non rappresenta una novità nel panorama della ricerca architettonica internazionale. Se è vero che criteri quali la facilità di smontaggio e di decostruzione potranno essere applicati estensivamente alle costruzioni, contribuendo in tal modo alla gestione delle risorse attraverso continui *loop*, fino a quel momento ci confronteremo con una eredità materiale esito di "decisioni prese molto tempo fa per ragioni remote"[12] tra le quali, indubbiamente, non è annoverata la gestione a fine vita di tale lascito: il costruito esistente.
Queste considerazioni hanno orientato la ricerca di dottorato verso l'approfondimento di riflessioni teoriche, strategie, processi e loro metodi di applicazione volti a governare il fine vita del costruito in conformità a un uso sostenibile delle risorse, per mezzo del riuso di elementi edilizi.
I concetti di preservazione, riappropriazione e individuazione del "valore di risorsa" che caratterizzano i processi di riuso legati a un organismo edilizio possono essere trasferiti ai prodotti e componenti che formano la costruzione stessa. Si attua in

---

sdg-tracker.org/sustainable-consumption-production; Wiedmann et al. (2015), https://www.pnas.org/content/112/20/6271 [20.04.20]

9 - A partire dalla *Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse*, COM (2011) 571, fino al più recente *European Green Deal*, COM (2019) 640

10 - In *The Circular Economy: a user's guide* (2019), l'autore riprende le proprie teorie già espresse nel trattare la *Performance Economy* (2010), secondo le quali la '*loop economy*' è un approccio '*grave-to-cradle*' dato che essa prende avvio nel momento in cui termina il primo utilizzo dei beni

11 - Strategia progettuale introdotta nell'*industrial design* all'inizio degli anni Novanta (Victor Papanek, *The Green Imperative: ecology and ethics in design and architecture*, 1995), secondo la quale, per limitare gli impatti ambientali del prodotto, questo va progettato per essere facilmente smontato in componenti che saranno trattati separatamente a fine vita. In ambito architettonico, si traduce come "la strategia di creare elementi edilizi che possano essere disassemblati e dai quali i prodotti possano essere facilmente rimossi senza essere danneggiati" (Waldo Galle et al., *Building a Circular Economy*, 2019) e affonda le proprie radici nelle tecniche costruttive a secco, tra le prime strategie adottate dalle architetture sostenibili per favorire la facilità di manutenzione e sostituzione, nonché la gestione a fine vita, di prodotti e componenti.

12 - Espressione che Steward Brand (*How Buildings Learn: what happens after they're built*, 1994) impiega dibattendo la flessibilità degli edifici intesa quale capacità di essere trasformati per usi differenti, ma applicabile anche alle tecnologie costruttive.

tal modo una strategia circolare che diviene lo strumento più adeguato attraverso il quale poter immaginare nuovi modelli di gestione del patrimonio edilizio in una ottica di sostenibilità ambientale, non solo nell'interezza di un edificio, ma nelle sue parti. Queste ultime, infatti, se dotate di idonea prestazione residua, possono essere avviate a una "seconda vita" preservando, quanto più possibile, la loro integrità. Evitare processi disgregativi e distruttivi permette infatti di non ritrovarsi in seguito a doverne pagare le esternalità ambientali, in conformità ai principi dell'economia circolare e alle azioni individuate dalla Gerarchia dei Rifiuti introdotta dalla Direttiva 2008/98/CE. Per un pianeta depredato delle proprie risorse naturali, restituite in seguito allo stesso sotto forma di scarti che l'ecosistema non è in grado di processare, appare ormai evidente come il riciclo non possa più essere dispensato come opzione salvifica[13].

Ragioni e rilevanza del tema di ricerca

Sulla base di queste osservazioni, appare evidente come l'indagine debba muoversi nell'ottica della necessità di ridefinire le dinamiche della relazione tra uomo e ambiente, che si traducono, in ambito architettonico, in quelle tra ambiente costruito – inteso come luogo di vita umana[14] – e ambiente naturale. Questo rapporto viene considerato secondo la prospettiva ecologica, fondata sull'interdipendenza tra sfera antropica ed ecosistema, e si concentra per questo sugli scambi di energia e materia che intercorrono tra i due. La recente tendenza ad analizzare gli impatti delle costruzioni sull'ambiente esaminando il loro intero ciclo di vita ha esteso queste considerazioni anche oltre la fase d'uso degli edifici, tradizionalmente la più energivora, e ha sollevato il dibattito sulla gestione efficiente degli stessi in termini di impatti materiali. Quest'ultimo aspetto non coinvolge esclusivamente le risorse primarie estratte o cavate che divengono, a fine vita, rifiuto da riciclare o smaltire, bensì anche l'energia incorporata[15] che i prodotti e componenti 'imprigionano' al loro interno. Una energia che, una volta conclusa la posa in opera, è *già* stata impiegata per la lavorazione dell'elemento, in

13 - Come hanno ricordato gli esiti dello stop alle importazioni messo in atto nel 2018 dalla Repubblica Popolare Cinese nei confronti dei rifiuti plastici: tonnellate di scarti che sono state dirottate in diversi Paesi limitrofi, tra cui la Malesia, i quali garantivano una notevole convenienza economica per i processi di smaltimento. Ciò ha permesso alle Nazioni produttrici di rifiuti, ovvero all'Occidente, di rovesciare su terzi le esternalità ambientali di cui erano responsabili, generando un esempio di *problem shifting* da manuale: non essendoci in queste regioni gli impianti necessari per il trattamento di un tale ammontare di plastica, gran parte dello stesso è stato accumulato in discariche abusive.

14 - Questo vale in particolare nelle aree urbane, ma non solo: come notano Weisz et al. (2015), la relazione tra il capitale umano e quello naturale è costantemente mediata dalla fisica concretezza dello stock artificiale, il capitale prodotto (*manufactured*) dall'uomo.

15 - Il termine "energia incorporata" (a volte "energia grigia"), o *embodied energy*, quando riferita a un intero edificio assume significati diversi in relazione alle fasi del ciclo di vita prese in esame per i prodotti da costruzione che lo compongono (e sulla base dei quali viene computato il parametro). Convenzionalmente si impiega un approccio *cradle to gate*, prendendo in considerazione l'energia spesa per l'estrazione delle materie prime e la fabbricazione dei prodotti, materiali e componenti, a volte esteso in una prospettiva *cradle to site*, includendo dunque le fasi di trasporto e cantiere. Un approccio più approfondito è quello *cradle to grave*, che arriva a calcolare l'energia impiegata per le operazioni di demolizione e fine vita, passando per la necessaria manutenzione nel corso della vita utile della costruzione. Al contrario, l'energia utilizzata durante lo stadio di occupazione dell'edificio per riscaldamento, raffrescamento, illuminazione e ogni altra attività, viene computata dal parametro della energia operazionale. In questa sede non si entra nel merito di quali fasi del ciclo di vita sia più adeguato esaminare in ambito edilizio, impiegando il termine nella sua accezione più inclusiva di *cradle to grave*.

tutte le fasi di acquisizione delle materie prime, di lavorazione, di trasformazione, di trasporto e di cantiere, processi che hanno *già* contribuito alla produzione di emissioni. Alla dismissione del prodotto o del materiale, dovrà essere considerata rifiuto anche l'energia spesa per produrlo e le esternalità in tal modo generate[16], mentre altra energia sarà richiesta per la manifattura di nuovi prodotti e, di conseguenza, saranno generate ulteriori emissioni[17].
Queste circostanze dipingono i processi circolari come una logica e quasi scontata soluzione, in grado di produrre benefici sia dal lato ambientale che, su più fronti, da quello economico. È tuttavia chiaro come non si tratti di un percorso che sia possibile intraprendere con disinvoltura, dato che comporterebbe l'allontanamento definitivo dal modello lineare sul quale l'economia, in modo inscindibile nella sua dimensione globale, poggia con sicurezza a partire dalla rivoluzione industriale. Al contrario, i processi di riuso rappresentavano un aspetto connaturato nelle società preindustriali basate sulla reintegrazione dei beni, una strategia che permetteva di supplire alla scarsità delle risorse facendo il miglior uso possibile di ciò che era a disposizione. Analizzando le due diverse prospettive nei termini dei loro esiti sul costruito è possibile rilevare come questi ultimi costituiscano espressione materiale delle relative dinamiche e della loro evoluzione nel corso del tempo. L'industrializzazione non ha impedito alle strategie circolari di sopravvivere fino alla contemporaneità: reimpiego e riciclo rappresentano ancora uno strumento importante, seppur spesso informale, per costruire nei contesti caratterizzati da difficoltà economiche e sociali. Oltre a consentire risparmi di materiale, energia e lavoro, queste azioni esprimono la capacità di lavorare in modo creativo ed ingegnoso con elementi che possiedono una vita passata e, a volte, una precedente diversa funzione. Un simile approccio progettuale, che ricorda quello del *bricoleur* di Lévi-Strauss[18] e dell'*artigiano* di Sennett[19], emerge nell'attività recente di alcuni professionisti contemporanei[20], spesso distanti dall'architettura *mainstream*. Seppur spinti da intenti diversi, in molti casi i loro interventi impiegano i principi dell'economia circolare individuando in essi benefici di tipo ambientale o etico.
A partire da queste considerazioni, la ricerca ha individuato due aspetti da indagare. Il primo di questi muove dalla prospettiva di tipo ambientale con cui è possibile esaminare il tema del riuso di prodotti e componenti edilizi, mentre la seconda riflessione affronta con un taglio culturale le motivazioni alla base delle strategie di reimpiego di elementi architettonici e i loro esiti sull'ambiente

16 - In prospettiva di analisi del ciclo di vita, come è esaminato nel capitolo 4 della ricerca, parte dell'energia incorporata può essere recuperata attraverso alcuni processi di trattamento dei materiali ed è inoltre possibile valutare i "benefici e carichi oltre il sistema", ovvero le opzioni di riciclo o riuso.

17 - come scrive K. Lynch in *Deperire* (1992), "la dissipazione è un processo che pervade (per quanto allegramente ignorato) la società umana, proprio come il sistema vivente più in generale. È un carattere del flusso più profondo che ci trascina, dell'eterna provvisorietà delle cose".

18 - "Il suo universo strumentale è chiuso, e, per lui, la regola del gioco consiste nell'adattarsi sempre all'equipaggiamento di cui dispone, cioè a un insieme via via 'finito' di arnesi e materiali, peraltro eterocliti, dato che la composizione di questo insieme non è in rapporto col progetto del momento, né d'altronde con nessun progetto particolare, ma è il risultato contingente di tutte le occasioni che si sono presentate di rinnovare o di arricchire lo *stock* o di conservarlo con i residui di costruzioni e di distruzioni antecedenti" (C. Lévi-Strauss, *Il pensiero selvaggio,* 2010 [1964])

19 - "Tre capacità fondamentali stanno alla base della perizia tecnica. E cioè: la capacità di localizzare i problemi, la capacità di porsi domande su di essi e la capacità di aprirli […] La capacità di aprire i problemi attinge al salto intuitivo, in particolare alla sua caratteristica di accostare domini eterogenei mantenendo intatto, nella traslazione, il sapere tacito" (*L'uomo artigiano*, 2017 [2008])

20 - Tra di essi emergono in particolar modo Superuse Studio [NL], Rotor [BE], Lendager [DK].

costruito.
In termini ecologici, infatti, la convenienza di questi processi è universalmente riconosciuta e rappresenta uno dei temi più frequentemente sollevati nel dibattito contemporaneo sulla sostenibilità in architettura. Inoltre, i cambiamenti climatici di cui siamo ormai troppo spesso testimoni ci ricordano che è necessario agire tempestivamente sul corrente modello economico lineare per evitare conseguenze negative e irreversibili per la vita umana sul pianeta[21], agendo in primis sui settori dagli impatti rilevanti, tra cui quelli connessi alla sfera edilizia. Nonostante queste circostanze lo rendano una soluzione appropriata, il reimpiego di prodotti e componenti edilizi sembra incontrare molte resistenze alla propria diffusione quale pratica di comune adozione nell'ambito delle costruzioni. Si dimostra, quindi, rilevante indagare quali siano le differenti ragioni che contribuiscono a questo stato di fatto e individuare le condizioni che permetterebbero, al contrario, di incentivare i processi di riuso di elementi da costruzione.
Esaminando la diffusione di queste strategie nel passato, più o meno lontano, emerge come fossero di comune impiego. Esse consentivano di costruire gestendo in modo efficiente le risorse a disposizione, affidando al tempo stesso le tracce "solidificate" della cultura materiale al tessuto edilizio e urbano. Questa visione arricchisce ulteriormente il significato delle pratiche di riuso, estendendone il perimetro oltre il dominio prettamente ambientale e sollevando il tema della sostenibilità intesa come preservazione, secondo la sua definizione originaria[22]. Si tratta di una prospettiva culturale permessa unicamente da una lettura a posteriori del passato architettonico e che solo a un primo superficiale esame può apparire come il prodotto di decisioni inconsapevoli. Alla luce del recente rifiorire del reimpiego in architettura, le premesse illustrate portano a indagare se sia ancora possibile considerare la pratica del riuso nella contemporaneità come contributo a una sostenibilità intesa come preservazione di risorse e, al tempo stesso, di aspetti culturali. Inoltre, ove fossero riscontrati benefici positivi di questo tipo, appare rilevante verificare se questa prospettiva possa favorire la diffusione del reimpiego nel settore edilizio.

Propositi della tesi

Sulla base degli aspetti illustrati, sono stati definiti i propositi generali alla guida del processo di indagine, legati al duplice aspetto del riuso come pratica di matrice culturale e come processo da applicare nelle costruzioni.
Un primo intento della ricerca è fornire un quadro d'insieme relativo ai processi di riuso di elementi in architettura che evidenzi la loro appropriatezza nel promuovere una sostenibilità di tipo integrato, o trasversale, per la gestione del costruito a fine vita. Nello specifico, lo scopo è quello di dimostrare come le strategie di reimpiego permettano di coniugare il tema ecologico-ambientale, relativo

21 - Senza considerare le previsioni avanzate da Jørgen Randers, uno dei membri del gruppo di ricerca dell'MIT che nel 1972 stese il rapporto per il Club di Roma, il quale ha aggiornato le proiezioni in occasione dei quarant'anni dalla prima pubblicazione.

22 - Il primo uso del termine 'sostenibilità' risale al 1713, quando venne pubblicato il trattato *Sylvicultura Oeconomica*. L'autore, Hans Carl Von Carlowitz, era un amministratore incaricato della gestione forestale in una regione della Sassonia. Questi si trovò a dover garantire l'equilibrio tra la considerevole richiesta di legname necessaria alle attività minerarie e il naturale ciclo di crescita delle piante, condizione che il sistematico saccheggio dei boschi aveva impedito. Per evitare future carenze, elaborò un innovativo modello di gestione forestale che permettesse l'uso costante e duraturo del materiale, successivamente esposto nel trattato, impiegando il termine *Nachhaltigkeit* per definire questa necessaria gestione durevole delle risorse.

all'efficienza delle risorse materiali, a quello culturale, riferito alla preservazione della cultura materiale, consentendo inoltre di ottenere ulteriori risvolti positivi di tipo sociale ed economico. La definizione di questa interpretazione integrata richiede che l'indagine si basi su una cornice teorica di tipo interdisciplinare e cosciente dei retaggi culturali di questa pratica, del ruolo che ha assunto nel corso dell'epoca contemporanea, delle sue interpretazioni in architettura e degli esiti prodotti in ambito urbano. Ciò è necessario al fine di rilevare come queste diverse componenti interagiscano tra di loro e si riflettano sullo stato dell'arte sia della pratica architettonica che della ricerca scientifica a questa connessa.
Emerge quindi un secondo intento della ricerca, che rappresenta l'approfondimento dei contenuti analizzati dal primo al fine verificarne le possibilità applicative. Si intende, dunque, determinare quali siano gli strumenti e i processi attraverso i quali il progetto sostenibile di architettura si possa avvalere degli apporti prodotti dal reimpiego di elementi edilizi e ci si propone di esaminare come questa implementazione si collochi sullo sfondo delle dinamiche del settore delle costruzioni. Questa analisi è condotta sulla base del quadro d'insieme emerso, integrato da una contestualizzazione normativa e di mercato, e si sviluppa a partire dalle esperienze più innovative riscontrate in ambito internazionale, analizzate allo scopo di individuarne gli elementi più efficienti e di ipotizzarne la trasposizione nel contesto italiano. Vengono inoltre proposti degli approfondimenti in termini operativi di gestione del fine vita del patrimonio edilizio in relazione al tessuto urbano in cui è collocato.

Cenni metodologici

Per mezzo delle indagini condotte, la ricerca intende restituire un quadro quanto più esaustivo delle pratiche di reimpiego nell'architettura contemporanea, esaminandone in dettaglio i fondamenti teorici, la posizione attuale nel contesto normativo e di mercato, nonché gli aspetti applicativi e di processo. Ciò è finalizzato a determinare i caratteri di tali pratiche che le qualificano come strumenti efficaci per la gestione del costruito attuale in un'ottica di sostenibilità trasversale. Gli approfondimenti proposti, strutturati in forma tematica, adottano di volta in volta metodi diversi per la raccolta e l'interpretazione delle informazioni necessarie. La sezione volta a esaminare la natura trasversale del reimpiego ai vari aspetti della sostenibilità si avvale di una cornice interpretativa di natura istituzionale e del riscontro offerto dalle posizioni teoriche emerse dalla letteratura. Un secondo filone di indagine, inerente alla relazione del reimpiego con la cultura materiale, si basa sull'esame di casi studio contemporanei e sui contenuti emersi dalle interviste a professionisti del settore. L'inquadramento dei processi nel settore edilizio viene affrontato attraverso l'approfondimento della normativa e della ricerca contemporanea sul tema. Le possibili strategie volte all'implementazione del riuso e i relativi strumenti proposti si basano sulla lettura critica dello stato dell'arte e sulla sperimentazione condotta su un caso studio reale. Il costante confronto con la letteratura di settore caratterizza, naturalmente, tutte le fasi dell'indagine.

Risultati attesi

La ricerca si struttura progressivamente attraverso la costruzione di un composito apparato teorico, la lettura critica del quale permette di individuare

alcuni approfondimenti necessari all'inquadramento coerente del tema di ricerca all'interno dello scenario contemporaneo europeo e italiano. L'analisi interpretativa di queste tematiche si propone di fornire tre principali contributi, di natura differente, che possano supportare l'uso delle strategie di reimpiego di elementi nella gestione del patrimonio edilizio italiano giunto a fine vita:
i) una lettura critica del fenomeno del riuso, sostenuta da una cornice teorica multidisciplinare, volta a integrare nuove prospettive nella nozione di riuso in ambito architettonico e a definire quest'ultimo quale strumento delle discipline del progetto adeguato a una progettazione sostenibile;
ii) suggerimenti volti all'implementazione di queste strategie, sia a livello della gestione globale del processo progettuale che di metodo, il carattere operativo delle quali è volto all'applicazione a scala urbana del reimpiego di elementi edilizi;
iii) strumenti di supporto, ovvero proposte per la gestione delle risorse materiali a scala urbana e una metodologia operativa, sviluppate a partire dagli aspetti nei quali è stato ravvisato un possibile perfezionamento, che si propongono di facilitare e guidare la realizzazione delle indicazioni contenute in (ii) alla luce delle posizioni emerse in (i).

Struttura della tesi

Viene di seguito descritta la struttura della tesi nella sua suddivisione in *parti* e *capitoli*. Sono altresì anticipati gli elementi di indagine e le relative *research question* che hanno guidato lo sviluppo della ricerca. La figura (i), riportata a fine capitolo, illustra in modo schematico l'organizzazione del lavoro.

Parte I. Inquadramento teorico e stato dell'arte

La prima parte della tesi si articola in due sezioni: dapprima la restituzione di una cornice teorica di riferimento e, a seguire, una lettura critica dello stato dell'arte in relazione alle linee di indagine contemporanee condotte sul tema.
La prima sezione (*primo e secondo capitolo)* sviluppa un *framework* interdisciplinare che riunisce al suo interno le differenti posizioni teoriche e i molteplici ambiti di analisi connessi, da legami più o meno stretti, al tema del riuso di elementi in architettura. Da un lato, tale *framework* inquadra il tema della ricerca nella sfera della gestione sostenibile delle risorse e ne esamina le caratteristiche dal punto di vista dei processi circolari. Dall'altro, per cogliere a tutto tondo la natura delle pratiche di reimpiego nel dominio dell'architettura, indaga le funzioni che le stesse vi hanno rivestito nel passato e che esercitano nella contemporaneità.
Per queste ragioni, la sezione volta a restituire una cornice teorica di riferimento si compone di due momenti principali. Il primo di essi stabilisce il carattere di attualità dell'indagine, trattando la definizione delle strategie circolari quali strumenti che, promuovendo la gestione efficiente delle risorse materiali, si dimostrano un incentivo appropriato alla sostenibilità in ambito architettonico. L'indagine affronta dapprima le radici culturali del modello circolare, per indagare poi come tali strategie si confrontino con la gestione del capitale artificiale e osservare come questo tema sia interpretato dal dibattito contemporaneo proprio delle discipline del progetto (*primo capitolo*). Il secondo momento della cornice teorica contestualizza il concetto di riuso nel campo dell'architettura, esaminando la pluralità di accezioni che esso assume e il quadro composito di significati simbolici che questa pratica, insieme ai benefici di tipo ambientale, veicola.

Trattando contesti storici, geografici e socio-economici diversi, la pratica del reimpiego di elementi edilizi è analizzata nei legami che possiede con la cultura materiale (*secondo capitolo*).
La seconda sezione (*terzo, quarto e quinto capitolo*), relativa alla lettura critica dello stato dell'arte, intende restituire il contesto contemporaneo nel quale si inseriscono i processi di riuso di prodotti e componenti edilizi. Data la natura complessa del tema oggetto di ricerca, la cornice esplorata intende fornire una sintesi di tre ambiti fortemente interconnessi: (i) il quadro di strategie, politiche e normative europee in tema di gestione efficiente delle risorse materiali e circolarità; (ii) il ruolo del reimpiego in un'ottica di ciclo di vita degli elementi edilizi e di sostenibilità; (iii) le posizioni della ricerca accademica e professionale in merito alle strategie circolari in architettura. Il primo ambito vede contestualizzato il tema di ricerca in relazione alle politiche europee volte all'efficienza delle risorse materiali, indagando la progressiva evoluzione di questo orientamento verso l'introduzione delle strategie circolari in edilizia. Ciò consente di descrivere in modo appropriato la cornice normativa relativa alla gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione anche nell'ottica del contesto nazionale (*terzo capitolo*). Allo scopo di chiarire come il reimpiego in architettura possa contribuire alla sostenibilità ambientale, è successivamente analizzato come il riuso di prodotti e componenti in edilizia permetta di ridurre gli impatti del settore attraverso il prolungamento della vita utile di questi elementi e come ciò sia valutato dai più comuni parametri e metodi di valutazione impiegati nell'ambito delle costruzioni (*quarto capitolo*).
Chiude la sezione una approfondita riflessione sulle relazioni tra circolarità e uso sostenibile delle risorse in architettura. La tematica è indagata approfondendo sia le strategie che integrano nel processo progettuale il tema della gestione a fine vita delle risorse impiegate nelle costruzioni che quelle che promuovono il recupero di elementi dagli edifici in via di demolizione. Queste pratiche sono in seguito messe in relazione con la produzione scientifica sul tema e con le prospettive per i processi di riuso di prodotti e componenti edilizi delineate dalle sperimentazioni della ricerca nazionale e internazionale (*quinto capitolo*).

Parte II. Metodo e obbiettivi

La seconda parte della tesi (*sesto capitolo*) è interamente dedicata a illustrare l'approccio adottato e i metodi impiegati per sviluppare la ricerca sulla base di quanto emerso dal quadro teorico e di stato dell'arte. Viene inoltre definita quale sia la prospettiva fatta propria in relazione alle altre indagini sul tema e alle problematiche da queste identificate.
L'indagine effettuata nella Parte I permette di individuare alcuni aspetti relativi al tema di ricerca che necessitano di approfondimento al fine del raggiungimento dei risultati attesi. Sono quindi individuati quattro ambiti tematici, delineati a partire dall'inquadramento teorico e di stato dell'arte, a ciascuno dei quali è associata una *research question* mirata a colmare il relativo *knowledge gap*. I quattro ambiti rispecchiano l'approccio interdisciplinare dell'indagine, coprendo uno spettro che va dai benefici del riuso in chiave sostenibile all'interpretazione contemporanea del suo valore culturale, dalle ricadute sul settore dovute alle incertezze normative agli strumenti di supporto per l'attuazione di questi processi nella gestione del costruito[23]. Determinato in tal modo l'approccio adottato, è introdotta la

23 - Si anticipano per completezza le quattro *research question*: RQ_(i) *L'implementazione del riuso in*

metodologia impiegata per sviluppare le indagini. Per ciascuno dei quattro quesiti emersi sono definite le attività da intraprendere allo scopo di ottenere un quadro esaustivo di informazioni tale da colmare il divario di conoscenze. Le azioni così individuate, raggruppate in virtù della specifica *research question* cui fanno riferimento, costituiscono gli obbiettivi specifici della ricerca. Per ognuno di essi è infine specificato quali siano i diversi strumenti con cui si intende condurre le indagini tra tutti quelli utilizzati: lettura attraverso una cornice istituzionale, esame della letteratura, interviste, analisi di casi studio, analisi della normativa, analisi di processo, analisi comparativa degli strumenti esistenti, sperimentazione su di un caso studio.
È in seguito chiarito quale sia il punto di vista proprio della ricerca, al fine di definire la collocazione di quest'ultima nel quadro generale dello stato dell'arte e delle linee di indagine contemporanee, in relazione a tre aspetti. Il primo di questi riguarda il perimetro della tesi, determinato dalla posizione della ricerca e della metodologia cui si fa ricorso rispetto alle indagini sul tema e dal segmento tematico che la tesi circoscrive in relazione ai *knowledge gap* individuati. Il secondo aspetto concerne la contestualizzazione della ricerca, ottenuta attraverso la correlazione degli obbiettivi specifici al bagaglio di conoscenze consolidate relativo all'ambito indagato e alle problematiche già identificate, con particolare attenzione alle priorità che la ricerca contemporanea delinea in merito. Il terzo aspetto riguarda invece, sulla scorta di quanto esposto precedentemente, l'originalità dei risultati attesi.

Parte III. Esiti della ricerca

La terza parte della tesi (*settimo, ottavo, nono e decimo capitolo*) è dedicata all'elaborazione degli approfondimenti necessari a colmare i *knowledge gap* secondo la metodologia prefissata, attività finalizzata al conseguimento degli obbiettivi specifici. Questa parte raccoglie tutte le indagini sviluppate nel corso della ricerca, organizzate secondo una struttura tematica divisa nei quattro ambiti di indagine, ciascuno di essi inerente a una delle *research question*.
Il primo ambito di indagine approfondisce i contributi che le pratiche di reimpiego di elementi in architettura, se incentivate, possono portare alla sostenibilità intesa in termini trasversali. I benefici che queste strategie possono generare in chiave ambientale sono indagati attraverso una cornice istituzionale, prendendo in considerazione anche le potenziali ricadute vantaggiose a livello economico, sociale e culturale. Agli esiti di questa prima indagine viene offerto riscontro dalla prospettiva della letteratura, accademica e non, che indaga i medesimi temi (*settimo capitolo*). Il secondo ambito di indagine si pone in relazione diretta con la pratica architettonica. Al fine di comprendere quali siano le diverse declinazioni e i molteplici approcci propri dei professionisti che adottano il reimpiego di elementi architettonici nella contemporaneità, è condotta una analisi critico-interpretativa di 20 casi studio. La schedatura intende restituire

architettura contribuisce a ottenere ricadute più ampie di quanto non faccia il riciclo, non solo in termini ambientali, ma nell'ottica di una sostenibilità in chiave trasversale?; RQ (ii) *Il reimpiego di elementi edilizi in architettura è considerato, da chi lo pratica al giorno d'oggi, uno strumento di preservazione della cultura materiale?;* RQ (iii) *Come individuare le barriere normative esistenti che costringono le pratiche di reimpiego a una dimensione di nicchia e sistematizzarle al fine di suggerire degli interventi che contribuiscano a ridimensionare questi ostacoli?* RQ (iv) *È possibile, e in che modo, ottenere risvolti positivi dall'adozione sistematica di questi strumenti nella gestione dell'ambiente costruito, analizzandoli e suggerendo eventuali integrazioni alle carenze riscontrate?*

una panoramica dei processi di riuso di prodotti e componenti rintracciabili nella pratica architettonica più recente, allo scopo di individuare le ragioni che la motivano. A questa prima indagine si associa un approfondimento mirato a comprendere se l'interpretazione di tipo culturale rappresenti, per i professionisti, un motivo che promuove i processi di reimpiego: tale argomento viene esaminato attraverso alcune interviste ad attori del settore (*ottavo capitolo*). Il terzo ambito di indagine approfondisce le problematiche di natura normativa, gestionale e di mercato che contribuiscono alle difficoltà di implementazione dei processi di reimpiego nel settore contemporaneo. A partire da un'analisi della normativa corrente cui gli elementi edilizi inclusi nei rifiuti da costruzioni e demolizione sono soggetti, è formulato un quadro esaustivo dei fattori che ne ostacolano il riuso e che ostacolano l'implementazione di questi processi in architettura, cui viene dato riscontro dalla letteratura (*nono capitolo*). Segue il quarto ambito di indagine, volto a verificare le possibilità applicative delle strategie di reimpiego a scala urbana. Una prima analisi indaga l'ottica di processo, attraverso l'esame delle caratteristiche e delle attività proprie del *Reuse Design Project*[24] confrontate con le dinamiche convenzionali del settore delle costruzioni. Viene in seguito approfondito, per mezzo di una analisi comparativa, quale sia il contributo che gli strumenti esistenti realizzati a supporto della circolarità in edilizia forniscono attraverso la loro applicazione (*decimo capitolo*).

Parte IV. Analisi dei risultati e *output* della ricerca

Gli esiti della ricerca (*undicesimo, dodicesimo e tredicesimo capitolo*) sono valutati alla luce dei propositi generali del lavoro e dei risultati attesi. Viene dunque esaminato se il grado di conoscenza acquisito nei diversi ambiti indagati permetta di formulare le risposte alle quattro *research question* e come tali esiti possano essere interpretati in riferimento all'approccio adottato nello svolgimento della tesi.
Questa parte della ricerca include due capitoli riferiti ai due propositi generali, seguiti da un terzo dal taglio applicativo.
Al fine di esaminare gli esiti del settimo e ottavo capitolo, interpretandoli, viene indagato in quale misura le ricadute ambientali, economiche, sociali e culturali prodotte dall'implementazione delle pratiche di reimpiego di elementi edilizi contribuiscano a una lettura di queste strategie quali strumenti per la gestione dell'ambiente costruito in un'ottica di sostenibilità trasversale. È inoltre analizzato quali siano le molteplici motivazioni che guidano i progettisti contemporanei nell'adozione di tale approccio, approfondendo l'interpretazione legata alla preservazione della cultura materiale che vi si riscontra (*undicesimo capitolo*).
Allo scopo di esaminare gli esiti del nono e decimo capitolo, ci si propone di valutare se questi permettano di fornire alcuni suggerimenti e indirizzi d'azione volti al potenziamento dei processi di reimpiego. Tale tematica è analizzata sia attraverso la prospettiva normativa e di mercato, sia in un'ottica più attuativa, per mezzo della proposta di integrazioni agli strumenti operativi esistenti per una più efficace conduzione di queste strategie a scala urbana (*dodicesimo capitolo*).
Sulla scorta di quanto sin qui emerso, si intende infine verificare la validità delle considerazioni compiute e l'utilità dei suggerimenti proposti (*output*) attraverso la loro applicazione a un processo progettuale che, a partire da un caso concreto di

24 - Si veda il paragrafo 10.2.1 per la definizione di questa strategia progettuale

gestione del patrimonio edilizio destinato a demolizione, intenda massimizzare il riuso di prodotti e componenti edilizi (*tredicesimo capitolo*).

Parte V. Discussione e conclusioni

La parte finale della ricerca (*quattordicesimo e quindicesimo capitolo*) si articola in due momenti diversi. Il primo di essi è dedicato alla disamina dell'analisi condotta sugli esiti della ricerca in riferimento alla prospettiva che caratterizza l'approccio metodologico. In particolar modo, la rilevanza della ricerca e dei risultati raggiunti sarà discussa verificando il grado di coerenza delle indagini condotte e degli esiti delle stesse con quanto emerso dal quadro teorico e di stato dell'arte. La ricerca verrà inoltre esaminata nella prospettiva dei target di riferimento e delle potenziali ricadute, queste ultime rintracciabili sia all'interno del mondo accademico e scientifico che nel settore edilizio e nell'ambito della pratica professionale (*quattordicesimo capitolo*). Una riflessione conclusiva permetterà di restituire il percorso della tesi nella sua interezza, identificandone i principali risultati emersi per valutarne la qualità in relazione alla metodologia impiegata, esaminando inoltre come la conduzione della ricerca ne abbia influenzato gli esiti. Saranno inoltre discusse le limitazioni proprie dello studio e saranno suggerite possibili linee di indagine volte ad approfondire le tematiche della tesi (*quindicesimo capitolo*).

Apparati

Alle conclusioni della ricerca seguono alcuni apparati di supporto per la sua lettura e interpretazione: il glossario dei termini impiegati nella tesi e una bibliografia tematica.

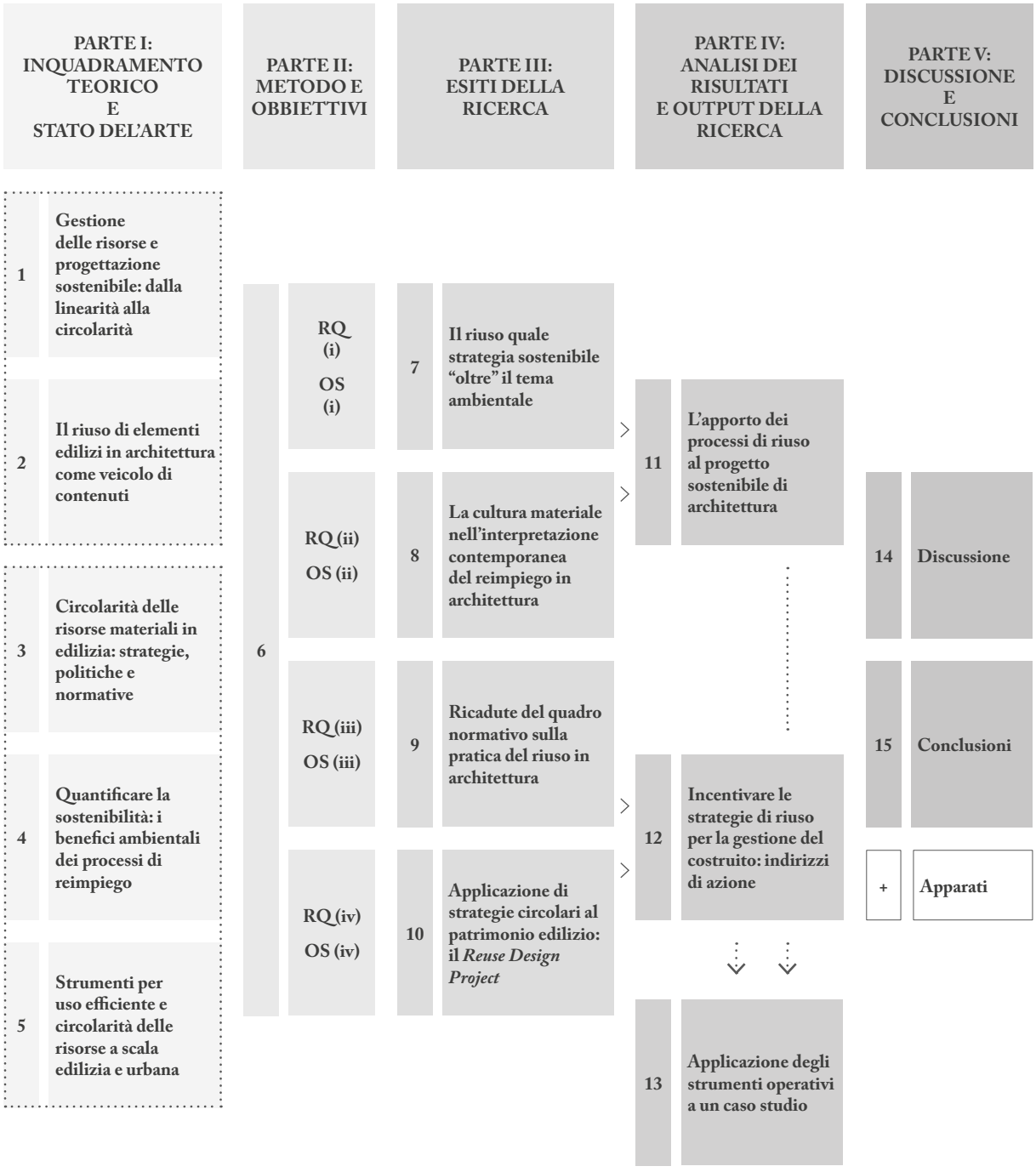


Fig (i) Elaborazione grafica descrittiva della struttura complessiva della tesi



PARTE I - INQUADRAMENTO TEORICO E STATO DELL'ARTE



1. Gestione delle risorse e progettazione sostenibile: dalla linearità alla circolarità

> *"Brusquely the question returns: 'What earth will I be able to live on, and my descendants?' a question that echoes simultaneously on the left, in the center, on the far left, on the right, and on the far right. Even as we believe there to be a complete dispersal of political opinions, attention has unanimously shifted toward a new subject: the end of the world. In this sense, it is not certain that we must seek an alternative to the system of production: mentally, we have already gotten away from it. Except there is no shared definition of the alternative" (Latour, 2020).*

1.1. Radici dei principi circolari: pensiero ecologico, economico e sociale

1.1.1. Il concetto di chiusura del cerchio e le teorie dell'economia ecologica

Ridurre, riparare, riusare, ricondizionare, riciclare. Quelli che abbiamo imparato a conoscere, negli ultimi anni, come processi costitutivi dell'economia circolare[1] rappresentano degli strumenti mirati a consentire una gestione efficiente delle risorse. L'uso sostenibile, ovvero durevole nel tempo, di queste ultime è infatti condizione necessaria perché l'economia operi secondo una duplice efficienza, da un lato sotto il profilo della capacità di rendimento del sistema in cui agisce, dall'altro sotto quello della capacità di "tenuta" dello stesso. Se si considera che quello cui si fa riferimento è il "sistema Terra", la relazione che si instaura tra *economia* ed *efficienza*, in materia di risorse naturali, introduce una terza variabile: l'*ecologia*[2].

Questo termine, spesso impropriamente confuso con vocaboli pertinenti all'ambito ambientalista, individua una precisa disciplina scientifica. Coniato dal biologo Ernst Haeckel in *Generelle Morphologie der Organismen* [Morfologia generale

1 - Il concetto sarà sviluppato ampiamente e dettagliato nel paragrafo successivo. Tra le numerose definizioni che descrivono le caratteristiche che questo sistema economico può presentare, quella della Commissione Europea (2015), contenuta nel "Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare", sintetizza il modello come quello "in cui il valore dei prodotti, dei materiali e elle risorse è mantenuto quanto più a lungo possibile e la produzione di rifiuti è ridotta al minimo".

2 - È curioso notare come l'Enciclopedia Treccani riporti alla voce "efficienza" proprio questi due ambiti di applicazione del termine, quello ecologico ("Il trasferimento di energia da un livello trofico all'altro tramite le reti alimentari") e quello in prospettiva economica ("Si parla di e. [efficienza] a proposito di una situazione in cui, data una certa quantità di fattori produttivi, questi vengono impiegati in modo da rendere massima la produzione, oppure di una situazione in cui, data la quantità di produzione che si desidera ottenere, si determina la quantità minima di fattori produttivi necessari"). http://www.treccani.it/enciclopedia/efficienza/ [05.2020].

pagine 28 e 30: Cantiere di demolizione selettiva dei fabbricati residenziali multipiano di via Anelli, Padova, luglio 2020 (Elisa Zatta)

degli organismi] nel 1866 e rimasto confinato per quasi un secolo nell'ambito accademico, è un composto di due parole derivanti dal greco: οἶκος, "casa" o "ambiente", e λόγος, "discorso" o "studio". La definizione originaria di ecologia è quella di "studio dell'economia della natura e delle relazioni degli animali con l'ambiente inorganico e organico, soprattutto dei rapporti favorevoli e sfavorevoli, diretti o indiretti con le piante e con gli altri animali" (Moroni, 1978). In altri termini, la disciplina si occupa di comprendere i principi e il funzionamento della complessa rete tessuta fra gli organismi viventi e il proprio *habitat*, oltre che fra gli organismi stessi. Due interessanti concetti sono ribaditi da Haeckel (1892) in un successivo compendio delle proprie conferenze. Il primo è quello di "economia della natura", con il quale compie un riferimento all'efficienza del funzionamento – che definisce "materialistico" – degli ecosistemi naturali, il secondo è il riferimento alle "reciproche relazioni delle piante e degli animali (compreso l'uomo)". Da ciò emerge come all'interno di questa complessa interrelazione di organismi e processi, "per natura" efficienti, sia incluso tanto l'essere umano, come organismo animale, quanto le sue azioni, per via delle loro ricadute e, dunque, dell'influenza prodotta sull'ecosistema stesso.

Sono proprio gli effetti negativi dell'azione antropica sull'ambiente a rendere le discipline ecologiche familiari al grande pubblico. Ciò avviene a partire dagli anni Sessanta del secolo scorso, sull'onda della cosiddetta "crisi ecologica". Assume, in questo contesto, una considerevole importanza divulgativa la pubblicazione di *Silent spring* (1962), volume nel quale la biologa Rachel Carson (1907-1964) racconta e denuncia le conseguenze sull'ambiente naturale del massivo impiego di fitofarmaci nel settore agricolo statunitense, specialmente del DDT.

Secondo fondamentale contributo in termini di divulgazione delle tematiche ecologiche è quello fornito da Barry Commoner (1917-2012), anch'egli biologo statunitense (fig. 1.1). Nella sua opera più nota (*The closing circle,* 1971), egli non solo ribadisce l'importanza della fitta interconnessione esistente all'interno dell'ecosfera, bensì evidenzia – parafrasando il concetto di "economia della natura" di Haeckel – come i processi naturali siano basati su di una completa "chiusura del cerchio" (1972). L'autore, comparando il naturale equilibrio[3] ciclico degli ecosistemi e la linearità dei processi produttivi post-industriali[4], rimarca come l'attività umana possa costituire una minaccia per la stabilità dell'intero sistema. Proprio alla compresenza dell'andamento circolare della natura e di quello lineare antropico, infatti, è imputabile l'esistenza dei rifiuti. I prodotti industriali sono

3 - Va chiarito che per "equilibrio" in termini ecologici non si intende una situazione statica e immutabile, una sorta di bilancio pari a zero del sistema. Questa interpretazione errata, come indica Ferrari (2019), costituisce anzi "una distorsione che ha comunque diverse conseguenze nefaste sul nostro rapporto con la natura, la conservazione, l'ecologia". In ogni epoca geologica, infatti, il cambiamento del clima ha comportato l'apparizione e la scomparsa di specie naturali e animali, inoltre gli stessi ecosistemi si sono adattati a questi cambiamenti proprio perché intrinsecamente dinamici. La differenza tra le circostanze del passato e quelle contemporanee è dettata dal fatto che "nel passato i cambiamenti climatici e ambientali si sono verificati su grandi scale temporali, tempi che permettevano effettivamente una qualche stabilità. Oggi no, l'impatto prodotto dall'uomo si sta verificando a una velocità molto più elevata, che gli ecosistemi non possono "inseguire". In questo senso l'equilibrio della natura si sta oggi infrangendo" (Ferrari, 2019). È dunque in riferimento all'epoca dell'Antropocene che va interpretato il termine "equilibrio", riferito all'ambito naturale o ecosistemico. Va da sé che anche la "chiusura del cerchio" va interpretata in una prospettiva di andamento dinamico.

4 - Per sistema economico lineare si intende quello che impiega le risorse naturali come fattori di input materiali ed energetici all'interno dei processi produttivi, i beni risultanti dai quali, una volta esaurito il loro uso da parte del consumatore, saranno considerati rifiuto. Esso opera dunque in una sola direzione, dallo sfruttamento delle risorse alla produzione di rifiuti, secondo lo schema "*take-make-dispose*".

originati al di fuori dell'ecosistema, il quale, alla successiva reintroduzione degli stessi come scarti, non ha capacità di auto-regolarsi nella loro gestione. Nei processi ecosistemici le sostanze sono continuamente trasferite da un luogo all'altro per mezzo di una variazione di forma molecolare la quale, di volta in volta, interagisce con l'organismo di cui entra a far parte per un determinato lasso di tempo. Nulla "scompare", bensì attraverso un processo ciclico permane nel sistema. Al contrario, l'economia post-industriale preleva risorse naturali per trasformarle in sostanze che, una volta restituite all'ambiente, provocano un disequilibrio nel sistema naturale arrecandovi un danno. Per limitare queste alterazioni è necessario correggere l'impostazione di base dei processi antropici che non rispondono a un andamento ciclico e che promuovono, in tal modo, una errata gestione delle risorse.

> Niente può sopravvivere sul pianeta se non diventa parte cooperativa di un tutto più vasto e globale (…) una volta ancora, per sopravvivere, dobbiamo chiudere il cerchio. Dobbiamo imparare a restituire alla natura la ricchezza che le chiediamo in prestito. (Commoner, 1972)

Commoner indaga il legame tra uomo e natura attraverso il terzo vocabolo che appone nel titolo di copertina: "tecnologia". Se la scienza, intesa come bagaglio di cognizioni sul modo in cui la natura opera, è necessaria per comprendere la relazione tra uomo e habitat, la tecnologia è, a suo parere, il mezzo primario con cui l'agire umano si espleta. Nonostante gli innegabili benefici essa comporta, tuttavia, due svantaggi. Il primo è dovuto al fatto che si basa sull'applicazione sistematica di conoscenze scientifiche organizzate, comportando una suddivisione per parti dell'oggetto di studio. Ciò produce "un difetto di giudizio" (1972), ovvero un'attenzione frammentata, prestata a singoli aspetti di ciò che in natura è invece un insieme complesso, le cui proprietà sono individuate dai legami tra le parti che lo compongono. Il secondo è che questo mezzo, attraverso il quale l'uomo agisce sull'ambiente che lo circonda, non viene applicato in modo adeguato dato che, nonostante le molte innovazioni, apporta evidenti effetti collaterali negativi. Secondo l'autore l'inquinamento è, in tal senso, esito dello scontro tra la tendenza di costante "crescita" dell'ambito produttivo antropico e i "limiti" ineluttabili della sfera naturale. Alla produttività esasperata richiesta dalla crescita economica, infatti, corrisponde l'elevato prezzo che l'ambiente deve pagare sotto forma di "costi invisibili", ovvero di esternalità. Si produce così un inaspettato parallelo tra *economia* ed *ecologia*, dato che in entrambi i casi "non c'è guadagno che possa essere ottenuto senza un certo costo", e un approccio "ciclico" – ovvero, circolare – diventa l'unica soluzione in quanto "non si può evitare il pagamento di questo prezzo; lo si può soltanto rimandare nel tempo" (1972).



Fig. 1.1. Barry Commoner sulla copertina della rivista Time del Febbraio 1970 (Mati Klarwein)

Il contributo di Commoner è determinante nel contestualizzare la scienza ecologica all'interno di un più ampio dibattito che prende avvio dai primi anni Settanta. Il concetto di interrelazione, impiegato sin dall'avvio della disciplina per descrivere il funzionamento sistema naturale, include anche gli effetti provocati dall'azione antropica. Esso acquista di conseguenza una spontanea rilevanza nel momento in cui questi effetti sono palesati da un insostenibile inquinamento e dall'incremento di rifiuti prodotti dal mondo occidentale, soprattutto statunitense,

negli anni Sessanta. La posizione di Commoner ha il merito di porre in relazione l'interconnessione ecosistemica con il tema della circolarità dei processi naturali. In tal modo mette in discussione l'intero modello economico contemporaneo e non solo per via delle sue, più o meno involontarie, esternalità – ovvero inquinamento e rifiuti – bensì con specifico riferimento agli strumenti che impiega (tecnologia) per perseguire le proprie finalità (crescita). Tale interpretazione vede l'ecologia concorrere alla strutturazione di tematiche che coinvolgono in quegli anni le discipline economiche e sociali, quali la relazione tra crescita e sviluppo e gli effetti dettati dall'incentivo del binomio produzione-consumo. In altri termini, la circolare "economia della natura" viene riconosciuta quale campione per lo studio di modelli alternativi a quello lineare post-industriale.

Il tema dell'interrelazione tra attività antropica e pianeta è sollevato anche dal coevo noto report di alcuni ricercatori del MIT in collaborazione con il Club di Roma (Meadows et al., 1972). L'analisi indaga il "sistema" mondiale come prodotto della interazione tra cinque fattori, ciascuno dei quali viene rilevato essere, dagli autori, "in crescita esponenziale": popolazione, industrializzazione, inquinamento, produzione di cibo, consumo delle risorse naturali. Il report illustra differenti scenari che descrivono l'evoluzione di queste variabili in una prospettiva temporale, con proiezioni fino al 2100. I risultati delle simulazioni condotte, anche nel caso delle più ottimistiche proiezioni, confermano l'impossibile compatibilità fra la biosfera e un modello economico basato sulla crescita continua.

Quest'ultimo è infatti destinato a condurre in modo inevitabile a un collasso del sistema.



Fig. 1.2. Le reazioni alla pubblicazione del report. (E. Cerasuolo, "The last call", 2013, fotogramma)

Il solo modo per contrastare questa tendenza è realizzare uno "stato di equilibrio globale", mutando radicalmente la gestione delle risorse naturali, in particolare di quelle non rinnovabili, così da garantire la loro disponibilità anche nel tempo lungo. Il messaggio veicolato dal report, pubblicato nel periodo della crisi energetica, produce impatti elevati e i toni drammatici della previsione sollevano polemiche anche nell'ambito accademico (fig. 1.2). Non ritenuti verosimili da gran parte degli economisti e dal mondo imprenditoriale, i risultati del team di ricerca vengono bollati come "catastrofici" e la scientificità degli stessi messa in dubbio.

I contributi di natura scientifica – dall'ecologia alle leggi della fisica – diventano così temi centrali per l'elaborazione di modelli economici riconducibili alla corrente dell'economia ecologica. Alla base di queste teorie vi è il riconoscimento sia dell'ambiente quale esito di una interdipendenza tra molteplici fattori che la sua compromissione da parte del sistema produttivo contemporaneo.

In un breve e incisivo saggio (*The Economics of the Coming Spaceship Earth*, 1966), Kenneth Boulding (1910-1993) impiega una evocativa immagine della Terra quale *spaceship*, "astronave", per descrivere come il pianeta sia assimilabile a un

sistema chiuso[5] e come tale vada considerato. A una stretta interrelazione interna esistente, dettata dal fatto che gli output di ogni organismo del sistema diventano input di qualche altro elemento di questa complessa rete, Boulding contrappone il fatto che non vi siano input né output a connettere l'ecosfera con un "esterno":

> indeed, there is no outside at all (Boulding, 1966).

Il "sistema pianeta" e gli scambi di energia e materia che in esso avvengono sono determinanti per la configurazione del sistema economico contemporaneo all'autore. Egli definisce i processi produttivi come i mezzi attraverso i quali degli oggetti materiali passano da un ambito non-economico a un ambito economico. Viceversa, i prodotti escono da quest'ultimo nel momento in cui il loro valore diventa nullo – ovvero, quando essi divengono rifiuti. Se è possibile teorizzare un sistema chiuso dei flussi materiali, all'interno del quale tutti gli output generati dai processi produttivi sono reintrodotti come input di un ciclo di produzione successivo, ciò non può avvenire per l'energia, la quale, soggetta alla Seconda Legge della Termodinamica[6] è inevitalbilmente dissipata. Per tale ragione Boulding ritiene fondamentale minimizzare il volume di produzione della predatoria *cowboy economy*, sostenendo che il successo di un'economia non va ricondotto ai soli rapporti di produzione e consumo, bensì alla sua capacità di valorizzare la qualità, l'estensione e la complessità dello *stock* di capitale totale del sistema.
Posizioni simili sono assunte da E. F. Schumacher (1911-1977), economista contrario all'uso improprio del termine "sviluppo", comunemente considerato in una prospettiva puramente quantitativa che trascura i limiti del sistema naturale. Questa critica si riflette sul mercato, colpevole di non considerare l'importanza degli scambi che effettua con l'ambiente nel quale si trova a operare per inseguire invece "una crescita patologica, una crescita insalubre, una crescita dirompente o distruttiva" (1980). L'uomo contemporaneo, inteso come prodotto dell'occidentalizzazione globale, si considera secondo Schumacher una forza esterna alla natura e non più parte dell'ecosistema, dimostrandosi incapace di compiere una distinzione tra rendita e capitale, in quanto

> il pianeta è il capitale insostituibile che l'uomo non ha prodotto ma semplicemente trovato e senza cui nulla può fare (Schumacher, 1980).

Se dando fondo ai combustibili fossili si costituisce una minaccia per la civiltà, dissipare un capitale di così vitale (è il caso di dirlo) importanza significa minacciare la vita stessa. Il modello economico contemporaneo è, per tali ragioni, costitutivamente inadatto a un ambiente, ovvero l'ecosfera, limitato: basando la propria ricchezza (economica) sull'incoraggiamento dei consumi esso non contempla infatti il concetto di limite.

---

5 - Tale definizione si applica con l'esclusione dell'energia solare, che costituisce un input costante al sistema.

6 - Se la Prima Legge della Termodinamica stabilisce la conservazione dell'energia all'interno di un sistema chiuso (includendo sia Lavoro [L] che calore [Q], senza distinguere dunque tra energia disponibile e non disponibile), la Seconda Legge opera invece una distinzione tra quali siano i processi realizzabili in natura e quali no. Essa specifica, infatti, che se è possibile convertire completamente il lavoro in calore, la trasformazione inversa non può avvenire con un rendimento ($\mu = L/Q$) pari al 100%. Questo tema viene ripreso anche da Georgescu-Roegen, come illustrato più avanti.

Esponente di cruciale importanza dell'economia ecologica, da lui denominata *bioeconomia*, è Nicholas Georgescu-Roegen (1906-1994), il quale nel 1971, dopo una gestazione ventennale, pubblica la sua opera più nota, *The Entropy Law and the Economic Process*. In contrasto con il pensiero economico neoclassico, che rappresenta il processo economico come uno schema di tipo circolare tra produzione e consumo slegato da connessioni con l'ambiente, egli si serve dei principi della fisica per determinare come questi legami siano invece molto stretti. Georgescu-Roegen reputa inesatto il ritenere che il processo economico abbia il comportamento di un processo meccanico, incapace di influire su quantità e qualità di energia e materia che gli fungono da input e output. Rifacendosi alla Termodinamica, egli sostiene (1971; 1982) che i processi reali muovano secondo una direzione precisa e comportino dei mutamenti di tipo qualitativo. Se la Prima Legge della Termodinamica sottintende una conservazione dell'energia in un sistema isolato, dato che non distingue tra quella disponibile e quella convertita in altra forma, la Seconda Legge introduce il concetto di entropia. Mutando in calore nel corso di una trasformazione, parte dell'energia viene irreversibilmente dissipata e non è dunque più utilizzabile. Se si considera come anche il processo economico sia irreversibile, va riconosciuta una distinzione qualitativa "fra input di risorse dotate di valore (bassa entropia) e output di scarti privi di valore (alta entropia)" la quale suggerisce che, paradossalmente, "il processo economico si limita a trasformare economia e materia di valore in scarti" (1982).
La legge dell'entropia è dunque fondamentale nel considerare la gestione delle risorse naturali dal punto di vista economico perché, determinando l'irreversibilità delle trasformazioni energetiche all'interno di un sistema chiuso e la analoga irrevocabile dissipazione della materia, si pone alla radice della progressiva scarsità di energia e materie prime (fig. 1.3). Due fattori, in particolar modo, concorrono a rendere critico il tema delle risorse, la loro disponibilità in quantità finite e la loro effettiva accessibilità. Inoltre, il rendimento dei processi di trasformazione dell'energia non potrà mai essere completamente efficiente. Questo vale anche per i processi di riciclo i quali, se da un lato permettono di ridurre la quantità di scarti prodotti, dall'altro richiedono sempre un input in termini di energia e, prendendo in considerazione anche la dissipazione di materiale, implicano una ulteriore perdita di risorse. L'attività economica di ciascuna generazione influisce infatti su quella delle generazioni successive, poiché da un lato le risorse materiali ed energetiche del pianeta vengono sfruttate in maniera irreversibile mentre, al contempo, le relative esternalità ambientali si accumulano nel tempo. Ciò comporta una "dittatura del presente sul futuro" alla quale l'economia contemporanea, per i suoi aspetti costitutivi, non può rimediare, dato che "l'oggetto dell'economia, come è stato spesso precisato, è l'amministrazione di risorse scarse; ma, per essere esatti, si dovrebbe aggiungere che questa amministrazione riguarda solo una generazione, e non potrebbe essere altrimenti" (1982).

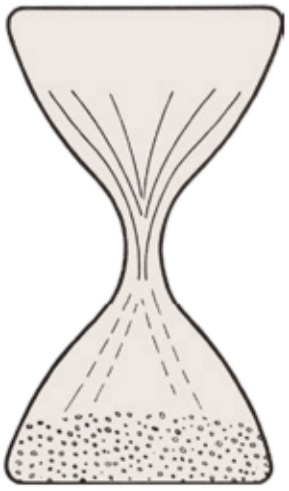


Fig. 1.3. Metafora con cui C.-R. esemplifica il continuo aumento di materia-energia non disponibile in un sistema isolato, rappresentato dal flusso dei granelli di sabbia nella clessidra (1982).

Le posizioni dell'economia ecologica esaminate permettono la lettura di due tematiche differenti e complementari.
La prima di queste è la necessità di salvaguardare il capitale naturale perché le generazioni future possano disporne, implicando considerazioni di matrice etica e anticipando il fortunato e dibattuto concetto di "sviluppo sostenibile".
La seconda tematica riguarda invece il tema della circolarità nell'ambito della gestione dei rifiuti i quali, se vedrebbero un decremento grazie alla transizione verso più sostenibili modelli economici, non potranno mai essere completamente

eliminati. Alla luce delle leggi fisiche, dunque, i processi di riciclo vengono considerati tutt'altro che una opzione salvifica, data la necessità di input di energia e l'inevitabile, entropica, dissipazione di risorse materiali destinate, in un futuro più o meno lontano, a terminare. Come Georgescu-Roegen (1982) efficacemente chiarisce,

> un punto importante (…) è che il riciclaggio non può essere completo. Anche se riusciamo a raccogliere tutte le perle e a ricostruire la collana che si è rotta, nessun processo può realmente riunire tutte le molecole di una moneta che si è consumata.

Le circostanze richiedono, secondo l'economista romeno, che in fase progettuale siano privilegiate delle riflessioni in merito alla durabilità e alla facilità di riparazione dei prodotti, dato che questo ne permetterebbe un uso più prolungato nel tempo o, in altre parole, un *secondo* uso.

1.1.2. L'Uomo come autore, attore e vittima dell'Antropocene

I temi affrontati dall'economia ecologica coinvolgono strettamente la sfera sociale e culturale. Nel medesimo periodo, le scienze sociali affrontano con taglio critico il ruolo e i risvolti dell'economia lineare volta al solo sviluppo economico, contestualizzandoli nel complesso ed eterogeneo quadro di fenomeni che, a partire dal Secondo dopoguerra, determinano l'assetto della società contemporanea.
Focus di queste analisi è l'essere umano, contestualizzato all'interno di una economia che lo induce a essere un inconsapevole, ma avido, consumatore di prodotti e produttore di rifiuti all'interno di una struttura sociale volta allo squilibrio sia al suo interno che nei confronti dei limiti del pianeta.
Baudrillard (1929-2007) ritiene l'uomo oramai costretto in un ruolo predeterminato nella "società dei consumi" (1976). La produzione, volta al continuo aumento di beni, necessita obbligatoriamente un accrescimento illimitato dei bisogni dei consumatori. Essi non sono perciò spinti al consumo in funzione del godimento dei beni o servizi acquistati, bensì in funzione della produzione stessa. In tal modo, il sistema fondato sulla crescita, unico scopo del quale è la propria esclusiva sopravvivenza, genera un paradosso strutturale: pur essendo basato sul mito dell'abbondanza e del benessere, non produce uguaglianza. La necessità, infatti, di mantenere la società umana in continuo deficit, genera un sistema che vive sullo squilibrio, retto da un ordine di privilegio e, dunque, dalla disuguaglianza. Ne è segno il fatto che la produzione non si basi esclusivamente sull'induzione dei bisogni nella società, ma anche sull'accelerazione degli stessi dovuta proprio alle differenze sociali e all'aspirazione a uno status più elevato. Ciò garantisce una "perpetua eccedenza" (1976) dei bisogni rispetto ai beni, squilibrio che garantisce alla crescita di sopravvivere e riprodursi autonomamente.
Queste circostanze dimostrano come la "società della crescita" sia tutt'altro che una "società dell'abbondanza". Il circolo vizioso così generato è alla base dello *spreco*, inteso come manifestazione fisica e tangibile di un volume di beni prodotto in quantità ridondante. Ulteriore garanzia del mantenimento dei livelli di consumi è costituito dalla vera e propria integrazione dello spreco nei processi economici. Esso, *incorporato* nei beni materiali, è

> dunque obbligatoriamente consumato come una delle qualità e delle dimensioni dell'oggetto di consumo: la loro fragilità, la loro obsolescenza calcolata, la loro condanna all'effimero" (Baudrillard, 1976),

determinando prodotti creati in funzione della loro morte.
Come anticipato, un ruolo fondamentale nella della società dei consumi è giocato dal condizionamento dei bisogni. Il potere di decidere dell'*homo oeconomicus* è, in questo senso, tolto al consumatore e trasferito al sistema produttivo che modella i comportamenti del mercato. Baudrillard si ricollega alle posizioni di Vance Packard (1914-1996), autore di un saggio dall'eloquente titolo *The hidden persuaders* [I persuasori occulti], edito nel 1957. In esso, l'autore esamina le tecniche impiegate dalla strategia pubblicitaria allo scopo di guidare gli atti quotidiani di consumo. Sin dagli anni Cinquanta si dimostra infatti necessario individuare mezzi per stimolare la domanda del pubblico, il quale sembra accontentarsi troppo a lungo dei beni già in suo possesso rispetto ai ritmi accelerati dei quali la produzione ha bisogno. All'obsolescenza fisica o funzionale, che determina dei tempi di attesa troppo lunghi per la sostituzione dei prodotti rispetto a quelli richiesti dai ritmi del sistema, si affianca quindi quella psicologica, fomentata dalla creazione di nuovi bisogni nel consumatore (fig. 1.4). Secondo il giornalista e sociologo, questa tendenza a creare un invecchiamento "percepito" dei prodotti da parte degli utenti inizia a diffondersi nel 1956[7] e viene applicata *in primis* agli apparecchi elettrodomestici. Per farlo, i pubblicitari si avvalgono due tattiche complementari. Dapprima si rende il pubblico sensibile alla linea di un determinato prodotto e in seguito la si modifica, inducendo la necessità di abbandonare il "vecchio" per il "nuovo", motivata non dall'obsolescenza funzionale, bensì da un invecchiamento di immagine.
Il tema del condizionamento dei bisogni quale funzionale all'economia della crescita giunge fino ai giorni nostri, come dimostra il fatto che sia ripreso da Zygmund Bauman (1925-2017) nella sua nota analisi della "modernità liquida" (2002). All'uomo, trasformato da produttore a consumatore in un mondo "fluido-moderno" ricolmo di opportunità, non è "permesso" fermarsi, ma solo cogliere costantemente nuove occasioni secondo il ritmo vorticoso necessario alla produzione. La profusione di beni determina una costante infelicità del consumatore, che deriva da un eccesso di possibilità e non da una penuria delle stesse: costretto a stabilire delle priorità nelle proprie scelte, sarà obbligato a escluderne altre che resteranno per questo inesplorate. Le persone indigenti cercano di adeguarsi allo schema comune, ma non avendo le risorse economiche per farlo



Throwaway Living

DISPOSABLE ITEMS CUT DOWN HOUSEHOLD CHORES

The objects flying through the air in this picture would take 40 hours to clean—except that no housewife need bother. They are all meant to be thrown away after use. Many are new; others, such as paper plates and towels, have been around a long time but are now being made more attractive.

At the bottom of the picture, to the left of a New York City Department of Sanitation trash can, are some throwaway vases and flowers, popcorn that pops in its own pan. Moving clockwise around the photograph come assorted frozen food containers, a checkered paper napkin, a disposable diaper (seriously suggested as one reason for a rise in the U.S. birth rate) and, behind it, a baby's bib. At top are throwaway water wings, foil pans, paper tablecloth, guest towels and a sectional plate. At right is an all-purpose bucket and, scattered throughout the picture, paper cups for beer and highballs. In the basket are throwaway draperies, ash trays, garbage bags, hot pads, mats and a feeding dish for dogs. At the base of the basket are two items for hunters to throw away: disposable goose and duck decoys.

CONTINUED

Fig. 1.4. Throwaway Living, Time, agosto1955 (P. Stackpole)

7 - Altri autori fanno risalire la nascita di questa strategia al periodo seguito alla Grande Depressione, quale strumento introdotto dall'economista statunitense Bernard London al fine di stimolare la spesa (Bakker et al., 2014; Baker-Brown, 2017), anche se la diffusione più ampia del termine è legata al mondo del design industriale e nello specifico ai metodi impiegati per invogliare i consumatori ad acquistare i modelli più recenti dei prodotti (Bakker et al., 2014).

"si aggrappano a quel po' che posseggono e tentano disperatamente e contro tutte le avversità di farlo durare il più a lungo possibile" (2002) – paradossalmente ravvisando ancora, costretti dalle circostanze, valore nella *durabilità*.
La società modellata da produttività e crescita, dunque, non solo genera disuguaglianze, ma le incrementa. Come Baudrillard e Bauman, altri sociologi contemporanei riconoscono i risvolti non inclusivi dell'economia contemporanea, mettendo apertamente in discussione l'impiego, in qualità di sinonimi, dei concetti chiave di sviluppo e crescita economica. La legittimazione di questa circostanza viene comunemente individuata in un'affermazione di Truman del 1949 (Latouche, 2010; Esteva, 2010; Sachs, 2010) nella quale si fa per la prima volta riferimento alle "regioni sottosviluppate" del pianeta. Ciò determina l'implicita identificazione del modello economico occidentale quale il solo che possa garantire uno sviluppo inteso come garanzia di benessere. In tal modo, al passato imperialismo politico ed economico cui i "Paesi in via di sviluppo" erano soggetti, si sostituisce una colonizzazione dell'immaginario fondata sui modelli di produzione e consumo delle potenze internazionali (fig. 1.5).

> Bisogna però constatare che da allora non soltanto la distanza è vieppiù aumentata e che certi corridori continuano a vagare per la pista, ma che tutti i partecipanti alla grande corsa cominciano a sospettare di stare correndo in una direzione del tutto sbagliata (Sachs in Latouche, 2009).



Fig. 1.5. Vik Muniz, Zumbi come il Seminatore di Jean François Millet, 2010 (una delle opere realizzate contestualmente al documentario Waste Land)

Nella sua accezione originaria, biologica, il termine development, "sviluppo", implica un cambiamento in positivo dal momento che descrive un processo per mezzo del quale un organismo, attraverso le proprie potenzialità, raggiunge la sua naturale forma matura e completa (Esteva, 2010). A partire dal Secondo dopoguerra, tuttavia, il significato di questo termine nella sfera economica viene assimilato a quello di crescita economica, dunque indissolubilmente legato alla crescita dei volumi di produzione e di consumo. Questa circostanza si riflette inevitabilmente sul concetto di "sviluppo sostenibile" (World Commission on Environment and Development, 1987), indicato dal Rapporto Brundtland come la soluzione per il "nostro comune futuro" nella gestione del delicato rapporto tra sviluppo economico e preservazione dell'ambiente. Ciò che non viene, tuttavia, mai messo in discussione è il fatto che il concetto stesso di sviluppo sia in netto contrasto con la capacità di tenuta del pianeta, o, in altri termini, con i suoi limiti. In questo senso, Sachs (2010) evidenzia come "le richieste per assicurare la sopravvivenza del pianeta sono spesso, a uno sguardo più ravvicinato, nient'altro che richieste per la sopravvivenza del sistema industriale", prospettiva che Sachs riconosce anche nella locuzione our planet, la quale trasmette un messaggio contraddittorio, evocando ambiguamente sia moderazione che megalomania. Come sottolinea Latouche (2009), si tratta di un'ambivalenza riscontrata in più punti del Rapporto, che porta l'autore a definire "la via per lo sviluppo durevole"

pari a quella per l'inferno, lastricata di buone intenzioni. Questa ambiguità implica una contraddizione in termini. Essa prefigura che sia possibile gestire un continuo consumo di materie prime da parte del sistema industriale, il conseguente incremento del flusso di beni prodotti e una infinita accumulazione di capitale definendo, al contempo, dei limiti nei confronti dell'ambiente[8]. Una illusione ancora difficile da scardinare, dato che

> uno dei miti più comunemente accettati nella società attuale è la promessa che il seguitare nel nostro corrente modello di crescita condurrà all'uguaglianza tra gli uomini (Meadows et al., 1972).

A tal proposito, Serge Latouche (n. 1940) sostiene un alternativa "a-crescita"[9] ottenuta inducendo una vera e propria regressione nei settori in cui i prelievi di capitale naturale sono sopra la soglia della riproduzione sostenibile e, naturalmente, limitando i livelli contemporanei di consumo e produzione. Lo "sviluppo durevole", o sostenibile, "capolavoro di quest'arte della mistificazione" è incompatibile con i limiti ecologici del pianeta in quanto "processo che porta a mercificare i rapporti tra gli uomini e tra gli uomini e la natura [il cui] scopo è sfruttare, valorizzare, ricavare profitto dalle risorse naturali e umane" (Latouche, 2009). L'industria contemporanea intende innovarsi attraverso l'eco-efficienza[10], riducendo gradualmente l'impatto ambientale e portando il consumo di risorse naturali a livelli compatibili con i limiti del pianeta. Ciò nonostante, questa strategia rientra nella visione dello sviluppo sostenibile e non considera i rischi di effetto *rebound*, dato che in molti casi le "tecnologie efficaci spingono all'aumento dei consumi [e] il risparmio energetico è sovracompensato da un aumento delle quantità consumate" (Latouche, 2010). È dunque evidente che una riduzione dell'impronta ecologica[11] non può prescindere da un mutamento radicale dei nostri bisogni, che determinano l'entità di sprechi rifiuti. Riprendendo le posizioni di Georgescu-Roegen, Latouche ribadisce la scarsa efficacia del riciclo e, sostenendo l'importanza della durabilità dei prodotti e della loro riparabilità al fine di prolungarne la vita utile, promuove anche i processi di riuso dei loro

8 - L'espressione "sviluppo sostenibile" viene definita da Latouche anche come "una mistificazione", "un'antinomia", "un bricolage concettuale", "una mostruosità verbale".

9 - "Bisognerebbe parlare di 'a-crescita', così come parliamo di 'a-teismo', poiché si tratta di abbandonare una fede e una religione: quella dell'economia, della crescita, del progresso e dello sviluppo" (Latouche, 2010).

10 - Come illustrano McDonough e Braungart (2013), l'ecoefficienza descrive un approccio adottato dai sistemi produttivi in favore della consapevolezza ecologica che permette di trarre vantaggi in termini di competitività e sostenibilità nel lungo periodo. In tal modo è possibile produrre beni o servizi inquinando meno e risparmiando risorse, tuttavia il fatto che l'adesione a questo principio consenta notevoli benefici economici solleva dei leciti dubbi sulle ragioni principali per cui esso viene adottato in ambito produttivo. Inoltre, come sottolinea Altamura (2015) si tratta di una "logica di riduzione del danno" che non intende mettere in discussione il modello produttivo convenzionale.

11 - Il concetto di Impronta Ecologica viene introdotto da Rees e Wackernagel nella omonima pubblicazione (1998), quale parametro che considera tutti i flussi di energia e materia di input e output di una determinata economia, quantificandoli secondo il metro delle superfici terrene o marine richieste alla natura per sostenere gli stessi flussi. In altri termini, misura il "peso" sul pianeta di una popolazione, determinando l'estensione di territori che sarebbe necessaria per consentire a quella popolazione di mantenere i propri livelli di consumo delle risorse e produzione di rifiuti. Dall'analisi dell'impronta ecologica deriva il calcolo dell'*Overshoot Day*, ovvero la giornata in cui l'umanità consuma interamente le risorse prodotte dal pianeta nell'intero anno in base ai propri livelli di produzione e consumo (caduto nel 2020 il 22 agosto, in ritardo di quasi un mese a causa dell'impatto dei *lockdown* sull'economia).

singoli componenti, che divengono così "nuove materie prime" di un nuovo ciclo di produzione. Una "nuova arte del consumare" (2010), fondata sulla cultura del riutilizzo, dai molteplici vantaggi.

> Per certi aspetti, questa cultura del riutilizzare evoca le pratiche dei nostri genitori e nonni e delle civiltà contadine, abbandonate durante i trent'anni gloriosi, che consistevano nell'utilizzare gli oggetti fino alla loro completa usura. Oggi, volenti o nolenti, sarebbe difficile poter riparare la maggior parte dei cosiddetti beni "durevoli" ma creati per non durare, che si tratti di scarpe o di frigoriferi (…) Questo campo è un formidabile pozzo di professioni da inventare o re-inventare. Si tratta dunque di una fonte di impiego qualificato in termini artigianali oppure, se vogliamo migliorare la nostra formazione, di una fonte per aumentare la nostra autonomia e l'occupazione manuale per il nostro sempre più lungo tempo libero. (Latouche, 2010)

Come illustrato dalla figura 1.6, gli argomenti trattati in questo paragrafo evidenziano come il tema della circolarità, seppur esaminato in ambito produttivo, appartenga a una trasversalità di domini ampia e interdisciplinare, riconducibile alle premesse delle strategie sostenibili[12].
I processi circolari rappresentano, da questo punto di vista, uno strumento alternativo a quello del modello economico contemporaneo che permette di gestire in modo più accorto le risorse in una prospettiva di lunga durata – dunque di sostenibilità. Per farlo si avvalgono delle medesime strategie della "economia della natura", le quali, applicate al capitale artificiale, consentono di ottenere benefici su due fronti: riducendo lo sfruttamento delle risorse naturali

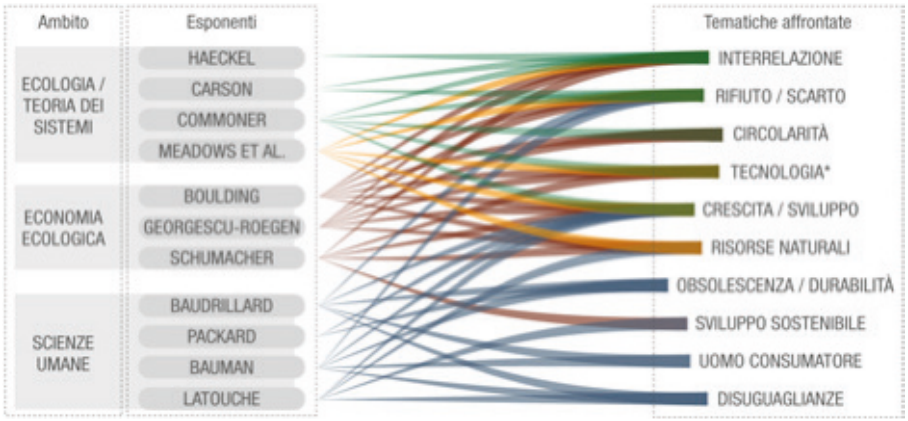


Fig. 1.6. Rappresentazione delle molteplici interrelazioni riscontrate attraverso un'analisi tematica delle posizioni esaminate appartenenti alle sfere ecologica, economica e sociale [la tecnologia è intesa in questa sede come strumento dell'agire umano]*

e ritardando il momento in cui i prodotti già in circolazione, giunti a fine vita, divengono rifiuti.
Ciò permette di far fronte a due criticità. La prima è quella dei limiti ecologici contro i quali una economia in costante crescita è destinata a scontrarsi, circostanza alla quale il corrente efficientamento dei processi produttivi non pone rimedio. Individuare delle strategie differenti, che da un andamento lineare ne adottino uno circolare, promuove l'efficienza non del singolo processo, ma dell'intero modello.
La seconda criticità è quella relativa alle conseguenze della Legge dell'entropia. Di fronte a un ammontare di rifiuti sempre in crescita da avviare a trattamento, i

12 - Se si considera come il concetto di sviluppo sostenibile, o più in genere di sostenibilità, sia comunemente ricondotto alla *triple bottom line* di Elkington basata sui tre aspetti ambientale, economico e sociale.

processi di riciclo non possiedono un rendimento tale da poter essere considerati una soluzione efficace. Appare essenziale esplorare una via diversa, che permetta di gestire il capitale artificiale reinserendolo nella catena produttiva senza ridurne in modo irreversibile la qualità e le potenzialità applicative.

1.2. Oltre l'eredità dell'Antropocene: la gestione del capitale artificiale

1.2.1. Conservare il valore dei prodotti nell'economia: transizione verso la circolarità

Nonostante i molteplici appelli alla sostenibilità cui si è fatto cenno nel paragrafo precedente, la necessità di individuare strategie che permettano all'attività antropica di non eccedere la capacità di carico del pianeta si è dimostrata negli anni sempre più urgente. Non a caso, con l'avvento del nuovo millennio è stato coniato il termine "Antropocene", un nuovo vocabolo necessario per definire in modo univoco l'epoca geologica in cui i processi che hanno luogo sul pianeta, intesi nelle loro componenti chimiche, fisiche e biologiche[13], sono alterati in modo considerevole dalle ripercussioni dell'attività umana[14]. Di fronte a tali circostanze, le politiche internazionali stanno promuovendo, negli ultimi decenni, la transizione verso la green economy, con l'obbiettivo di modellare un sistema economico che, rispetto all'attuale, operi ottenendo una sufficiente riduzione dei danni ambientali prodotti dalle attività economiche. Ciò viene perseguito incentivando l'ecoefficienza e promuovendo una costante innovazione tecnologica, a garanzia di processi produttivi dal rendimento sempre maggiore e di una esponenziale riduzione dei rifiuti prodotti. In tal modo si intende favorire "effetti di rimbalzo che, moltiplicando l'efficienza, moltiplichino anche gli usi delle risorse, annullando così il loro minore prelievo" (Ronchi, 2018). Secondo i suoi sostenitori, questa strategia permette di ottenere il *decoupling* [disaccoppiamento] tra la crescita economica e gli impatti della produzione, intesi sia in termini di consumo di risorse naturali che di esternalità prodotte. Come viene tuttavia evidenziato tale approccio non mette in discussione l'andamento lineare dell'economia (Latouche, 2010; Pauli, 2014). Infatti, gran parte della sua sostenibilità è demandata a un massiccio impiego di energie rinnovabili e al differimento nel futuro della progressiva definizione di sistemi di produzione più rispettosi dell'ambiente.

Un recente report dell'*European Environmental Bureau* (*EEB*) (Parrique et al., 2019) ha inteso verificare se l'andamento attuale dei processi economici permetta di osservare un trend in favore dello scollamento tra la crescita economica e le sue esternalità. L'indagine, condotta sulla base dell'analisi di una vasta letteratura internazionale, prende in esame due differenti piani sui quali la green economy favorirebbe il *decoupling*: quello delle risorse (materiali, energia e acqua) e quello degli impatti (gas effetto serra, uso del suolo, inquinanti delle risorse acquee, perdita di biodiversità)[15].

I risultati di questa indagine dimostrano che l'ideale *decoupling* assoluto,

13 - https://www.treccani.it/vocabolario/antropocene_%28Neologismi%29/ [12.2020].

14 - Risultati del voto dell'Anthropocene Working Group (AVG) del 21 maggio 2019. http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/ [12.2020].

15 - Data la grande varietà di accezioni che accompagna questo tema la cornice di valutazione considera per tutta la letteratura analizzata: il tipo di indicatori impiegati dai diversi studi; la scala locale o globale dei cambiamenti attesi o verificatisi; se questi abbiano un trend assoluto o relativo; il fatto che si siano registrati temporaneamente o in modo permanente; se la loro efficacia sia sufficiente a mitigare gli impatti; se questa

permanente e sufficiente, ovvero quello che sarebbe necessario per mitigare il cambiamento climatico in modo efficace ed equo, nelle condizioni attuali

> is nowhere to be seen (Parrique et al., 2019).

La posizione di questo gruppo di ricercatori si fonda sui risultati emersi nel corso dell'indagine. Tra di essi, alcuni rimandano in modo diretto ai temi riportati nel precedente capitolo:

a. il progressivo innalzamento dei costi di estrazione delle risorse, sia materiali che energetiche, dovuto alla graduale condizione di scarsità delle stesse, alla loro qualità e accessibilità[16];
b. alla gestione più efficiente delle risorse si associa in molti casi l'effetto *rebound*;
c. la delocalizzazione dei costi ambientali di produzione o di gestione dei rifiuti in Paesi terzi dai regolamenti ambientali meno vincolanti (fig. 1.7);
d. il potenziale estremamente limitato dei processi di riciclo.

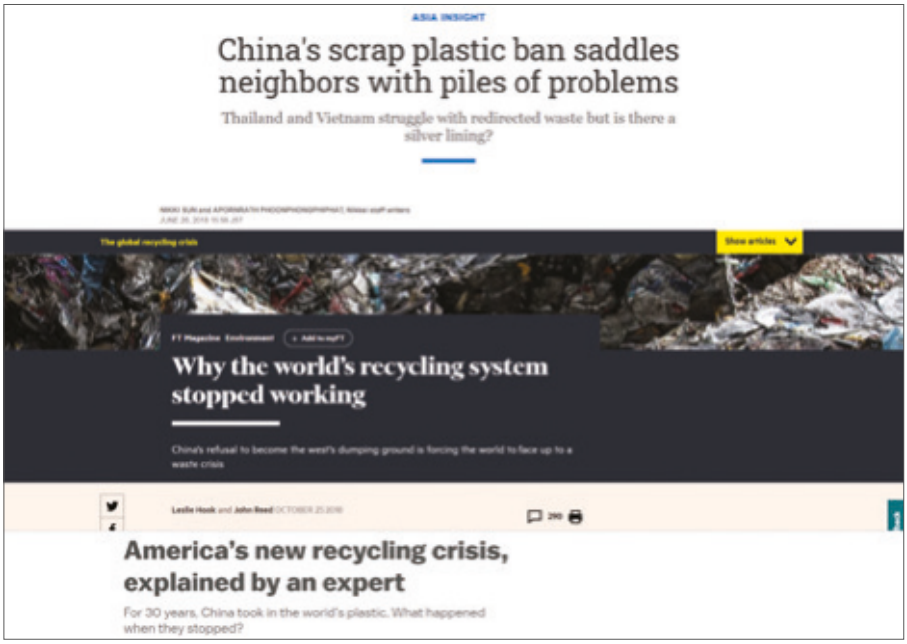


Fig. 1.7. Titoli di giornale che denunciano le conseguenze dello stop alle importazioni della plastica da riciclare operato dalla Repubblica Popolare Cinese nel gennaio 2018 (Nikkei Asia, 21 giugno 2018; Financial Times, 25 ottobre 2018; Vox, 2 aprile 2019)

In termini di gestione dei rifiuti, tale prospettiva appare spiazzante se si considera che dalle operazioni di riciclo non ci si potrà di certo astenere fino al momento in cui il modello di produzione non si farà carico anche del fine vita dei prodotti. La limitata efficacia del riciclo è dettata dalla legge dell'entropia. Da un lato qualsiasi processo di riciclaggio richiede un *input* di energia e, in molti casi, di ulteriore materiale, dall'altro, la degradazione di un materiale nel corso del tempo implica che esso possa essere sottoposto a tali operazioni per un limitato numero di volte. Anche se non si prendessero in considerazione questi aspetti, nel contesto di una economia sempre in crescita è necessario mantenere un volume di produzione parimenti sempre in crescita e la quantità di materiale riciclato non sarebbe mai sufficiente per sostituire la quantità di risorse necessarie alla produzione (Parrique et al., 2019).

Il report dell'European Environmental Bureau dimostra come, nonostante

transizione avvenga in modo equo dal punto di vista sociale.

16 - I ricercatori illustrano come in ambito energetico abbia luogo una progressiva diminuzione dell'EROI, (Energy Return on Energy Invested), ovvero il rapporto tra la quantità di energia ottenuta da una risorsa e la quantità di energia spesa, in primo luogo, per estrarre la risorsa stessa, che permette di misurare l'output netto energetico. Questo fenomeno determina la necessità di una sempre crescente porzione di input energetico per ottenere ulteriore energia, diminuendo in tal modo l'output netto energetico e incrementando l'uso di risorse e la dimensione degli impatti ambientali. Nel caso dei combustibili fossili, alla misurazione dell'output netto può essere associata l'emissione di gas effetto serra per unità di combustibile ottenuto. Ciò si applica anche al tema dell'estrazione dei minerali, la cui concentrazione per unità di volume estratto o cavato sta progressivamente diminuendo. Questo fenomeno implica, da un lato, che viene rimossa una quantità sempre maggiore di materiale per ottenere un medesimo quantitativo di minerale e, dall'altro, che è necessaria sempre più energia nel condurre il processo.

l'introduzione dello sviluppo sostenibile tra gli obbiettivi internazionali a partire dal Rapporto Brundtland, posizione ribadita dai contenuti dell'Agenda 2030 (Nazioni Unite, 2015)[17], le azioni compiute per limitare l'impronta antropica sul pianeta non siano efficaci. Ciò emerge in modo preponderante esaminando il tema dei rifiuti: l'uomo-consumatore di Baudrillard, intrappolato tra una produzione in costante crescita e un pregiudizio culturale nei confronti dell'obsolescenza, indotta indipendentemente dalla sua consapevolezza, può solo produrne un ammontare sempre crescente.
Nonostante le posizioni dell'economia ecologica abbiano avuto limitato riscontro, l'induzione di una circolarità ispirata al funzionamento ecosistemico e mirata a contenere gli impatti ambientali dell'economia contemporanea è un tema che continua a essere esplorato. È in particolar modo possibile individuare tre modelli economici alternativi che adottano questo approccio, volto a far sì che un materiale parte di un bene, giunto al termine della propria vita utile, diventi l'input di un processo successivo. In tal modo si consente ai prodotti di permanere per un tempo più lungo all'interno dell'economia, riducendo il contributo del capitale artificiale alla produzione di rifiuti.
Su quest'ultimo fenomeno si basa la principale differenza tra i modelli esaminati nel presente paragrafo e nel successivo. Se, infatti, l'economia circolare ammette, soprattutto nella fase iniziale, la presenza dei rifiuti per minimizzarne progressivamente la produzione, il *Cradle 2 Cradle* (*C2C*) o la *Blue Economy*, il cui approccio è descritto successivamente, condividono l'ambiziosa presenza di un sistema economico ex-novo privo di scarti.

Economia circolare
Questo modello deve molto ai contributi analizzati nel paragrafo precedente, ma anche alla sua elaborazione concettuale da parte di Walter R. Stahel (n. 1946), architetto e co-fondatore del Product-Life Institute a Ginevra. Le sue ricerche sul tema divengono note a partire dal saggio *The Product-Life Factor* (1982), che segue di pochi anni il report per la Comunità Europea[18] *Jobs for tomorrow: the potential for substituting manpower for energy* (1977). Questi due contributi rappresentano i primi esiti delle indagini di Stahel volte a studiare un nuovo modello economico, tale da generare vantaggi trasversali all'ambito ecologico (minori impatti), sociale (occupazione) ed economico (competitività).
Argomento cardine dei suoi primi scritti è l'estensione della vita utile dei prodotti quale fattore determinante nel gestire il ritmo di sostituzione degli stessi e, conseguentemente, sia delle risorse impiegate per realizzarli che dei rifiuti generati. Oltre ai benefici in termini ambientali, questa strategia permette di fornire un impulso al settore privato attraverso le opportunità offerte dalle attività di riuso, riparo, ricondizionamento e riciclo (Stahel, 1982) secondo lo schema raffigurato nella figura 1.8.

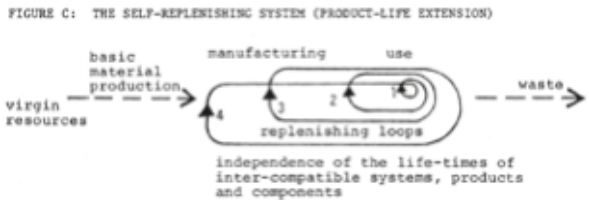


Fig. 1.8. Modello di gestione delle risorse mirato all'estensione di vita dei prodotti (Stahel, 1982)

Tale modello si discosta dunque dal tradizionale sistema lineare, il quale, per garantire la crescita economica, richiede necessariamente la transitorietà dei prodotti nel mercato.

17 - I contenuti di questo programma sono esaminati al paragrafo 3.1.3.
18 - Allora Commissione delle Comunità Europee.

L'estensione della vita utile dei prodotti comporta ricadute positive di due ordini:

(i) da un punto di vista ambientale, i circuiti "auto-alimentanti" [*self-replenishing*] di gestione delle risorse minimizzano gli input di materia, i flussi di energia e gli impatti ambientali necessari, senza ostacolare per questo la crescita economica o il progresso sociale e tecnologico. La loro efficacia è dovuta alla "inerzia incorporata" che li caratterizza e predilige l'impiego di processi appartenenti ai circuiti più brevi o "interni" [*inner loops*];

(ii) dal punto di vista socio-economico, l'incremento delle attività di manutenzione e riparazione promuove una transizione da un sistema di gestione a grande scala, quale quello del riciclo, a uno locale fondato su piccole e indipendenti unità della catena manifatturiera. Ciò incoraggia l'impiego di manodopera in sostituzione dell'uso di energia; inoltre, il carattere diffuso e delle unità produttive diminuisce l'entità di trasporti e relative emissioni.

Le teorie elaborate da Stahel nel corso di quattro decenni concorrono a formare il modello da lui chiamato *performance economy*[19], basato sulle prestazioni di beni e servizi e sul valore d'uso dei prodotti. La qualità di un bene è, in tale contesto, dettata dall'elevato grado prestazionale che esso possiede sia a livello tecnico che durante la fase d'uso, così da ammortizzarne le possibili passività nel corso di un ciclo di vita più lungo. In tale prospettiva, ottimizzare la vita utile di un prodotto significa preservare il valore in esso incorporato, determinato dal dispendio di risorse materiali ed energetiche non rinnovabili impiegate per la sua produzione e distribuzione e che possono concorrere al 90% del suo valore totale (Stahel, 2010). Si tratta di una strategia che promuove in questo modo il *decoupling* di crescita economica e sfruttamento delle risorse naturali. La *performance economy* trae vantaggio dalle strategie di prevenzione rifiuti – o di sufficienza – quali riparazione e riuso, poiché possiedono la capacità di conservare gli stock aumentando al contempo l'attività economica e riducendo gli impatti ambientali, operando secondo principi sostenibili. Al contrario, la sufficienza risulta controproducente per l'economia tradizionale lineare, che necessita di un volume di produzione sempre crescente e dunque di strategie mirate all'efficienza, come illustrato dalla figura 1.9. Obbiettivo di queste ultime, tra le quali figura anche la green economy, è la minimizzazione degli impatti di input (energia e materia) e output (emissioni e rifiuti) generati dai processi di estrazione, produzione, distribuzione, uso, manutenzione, trattamento (rifiuti).



Fig. 1.9. La transizione dei modelli economici verso lo sviluppo sostenibile attraverso le strategie di sufficienza (Stahel, 2010)

Va compiuta una distinzione essenziale tra i diversi processi circolari che è possibile impiegare per reintegrare le risorse all'interno della catena di valore. Il tempo rappresenta un fattore chiave, poiché più si aumenta la vita di servizio di un prodotto, più si riduce la velocità del flusso di input (Stahel, 2019). Il *loop* più

19 - Essa diviene col tempo comunemente denominata, proprio per via dei processi in loop che propone, *circular economy*. Stahel (2019) la definisce anche *Circular Industrial Economy*, facendo riferimento da un lato al fatto che si trova a gestire gli elementi giunti al fine-vita dell'economia lineare, dall'altro al fatto che necessita di una applicazione più sistematica, più "industriale".

interno, quello del reimpiego, permette di rallentare la circolazione di materiali e beni all'interno dell'economia, con lo scopo di preservare il 75% circa del loro valore incorporato. L'efficacia del *loop* più esterno, quello del riciclo, è invece minore, poiché chiudendo il cerchio tra il punto di *End-of-Life* (EoL)[20] e la produzione di materiali non si contribuisce a rallentare i flussi di beni all'interno dell'economia, oltre a non garantire il risparmio di energia nei processi coinvolti (Stahel, 2010; 2019). Questa circostanza è aggravata inoltre dalla crescente complessità dei materiali da trattare (Stahel, 2013). Appare quindi chiaro come i due processi – riuso e riciclo – garantiscano benefici molto differenti, come esemplificato dalla figura 1.11. Il primo loop (che comprende anche operazioni di riparazione e *remanufacturing*) massimizza il profitto attraverso la re-immissione dei prodotti nel mercato, avvalendosi di strategie quali l'"uso a cascata", il "cannibalismo" (*mining*) e l'*upcycling*[21]. Il secondo mira a estendere la vita utile non dei beni o dei loro elementi, bensì dei materiali che li compongono. Tuttavia, non distanziandosi realmente dal processo lineare dell'economia classica, risulta per incentivare in modo limitato la circolarità (Lemille, 2019).
Riuso, riparo, rinnovo e riciclo – in ordine di preferenza – sono dunque le strategie che favoriscono la transizione dal lineare al circolare (fig. 1.10), con l'obbiettivo di conservare il valore dei beni nel tempo, di ottimizzare la gestione degli stock e di aumentare l'uso efficiente dei prodotti (Stahel, 2019)[22]. Si tratta di una strada al giorno d'oggi scarsamente battuta, una problematica particolarmente evidente nel caso delle costruzioni.

> Gli edifici che non assolvono più una funzione, né possono essere trasformati o adattati a nuovi usi, potrebbero almeno essere parzialmente smontati e i loro componenti riusati, ma i tempi stretti sono spesso fattore determinate nelle demolizioni. Vengono [quindi] fatti esplodere o distrutti e i rifiuti risultanti sono usati in applicazioni di scarso valore, nella costruzione di strade. Tuttavia, circa l'80% delle risorse materiali ed energetiche spese nel costruire un fabbricato sono incorporate nella struttura portante (Stahel, 2019).

L'economia circolare persegue dunque un orientamento alla sufficienza, incoraggiando i processi di reimpiego rispetto a quelli di riciclo, seppure questi ultimi siano culturalmente più consolidati. La loro limitata efficacia implica che i benefici da essi derivanti diminuiscano processo dopo processo, fino a raggiungere il punto in cui riciclare comporta costi troppo elevati in termini economici o ambientali (Ghisellini et al., 2016). Al contrario, il riuso permette maggiori vantaggi, soprattutto in due casi: quanto più il sistema si avvicina al riuso diretto o quanto più i prodotti, progettati per diversi cicli di vita e una maggiore durabilità, sono reimpiegati prima della loro eliminazione (EMAF, 2013). Le strategie di

20 - In ambito economico per EoL si intende il punto di "fine vita" di un prodotto nel mercato, a seguito del quale esso non viene più fabbricato, commercializzato o sostituito da parte del produttore. I servizi che lo riguardano proseguiranno invece fino al momento dell'EoSL, *End of Service Life*, dopo il quale non sarà garantito supporto in termini tecnici e di aggiornamento. La seconda circostanza determina il potenziale ingresso del prodotto nel dominio dei rifiuti. In edilizia, con l'impiego del termine *End of Life* si intende comunemente identificare il momento in cui un prodotto o componente edilizio viene dismesso poiché ritenuto inadatto alla funzione che ricopriva precedentemente, un concetto che può essere espresso come "fine vita utile". Tale fenomeno viene determinato dall'obsolescenza del prodotto, intesa per lo più in termini funzionali.

21 - Queste strategie vengono approfondite nei successivi paragrafi 1.3.3 e 2.1.2.

22 - Al contrario, la green economy mira a creare valore aggiunto, ottimizzare la gestione dei flussi, e aumentare la produzione efficiente dei prodotti.

reimpiego, riparo e rinnovo evitano inoltre le esternalità dovute a una gestione su larga scala, quale quella del riciclo, limitando il *packaging* e le emissioni dovute ai trasporti.

Ponendo al centro del sistema economico il valore dei beni, l'economia circolare non prende in considerazione esclusivamente le potenzialità di "consumo residuo" del prodotto o delle sue parti, ma anche, come sottolinea Stahel (2010), la quantità di risorse materiali ed energetiche che il bene "incorpora".

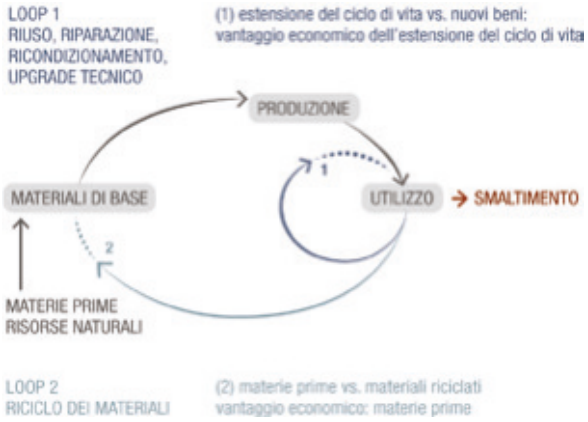


Fig 1.10. Differente efficacia dei loop 1 (processi di reimpiego) e 2 (processi di riciclo) (Stahel, 2010).

Il concetto del valore insito nei prodotti e dettato dagli input necessari alla sua produzione è uno dei temi più importanti alla base dell'economia circolare, in particolar modo se riferito a fonti energetiche non rinnovabili o a materiali componenti il prodotto irrevocabilmente destinati a essere conferiti in discarica. L'energia primaria totale consumata da processi diretti e indiretti associati a un prodotto o un servizio viene definita *embodied energy*: energia incorporata (o "energia grigia") [MJ/kg]. Questo parametro include convenzionalmente l'energia impiegata nel corso delle fasi di estrazione, produzione e trasporto necessarie alla fabbricazione e messa in circolazione del bene, tuttavia il suo valore dipende dal perimetro preso in considerazione per esaminare i processi: tra i più impiegati vi sono il "*cradle-to-grave*", il "*cradle-to-gate*", il "*cradle-to-site*". Il primo investe l'intero ciclo di vita del prodotto, dall'estrazione di materie prime al suo smaltimento, il secondo considera tutta l'energia necessaria fino al momento in cui lo stesso esce dal luogo di fabbricazione, il terzo copre uno spettro che si estende fino a quando il prodotto giunge al luogo di utilizzo. Analogamente può essere computato anche l'*embodied carbon*, parametro che calcola invece la rispettiva quantità di emissioni di carbonio equivalente [kgCO_2eq] generate (Hammond e Jones, 2008; 2011).

Quello circolare è modello che deve molto alle teorie dell'economia ecologica, per due ragioni differenti. Il primo riguarda l'importanza che viene riconosciuta alla gestione delle risorse già impiegate nel corso della produzione. Per mezzo dei cicli di reimpiego, rigenerazione e rinnovo, il "valore incorporato" dei prodotti viene conservato in ogni passaggio all'interno della catena, richiamando quanto avviene all'interno dei cicli biologici che non generano rifiuto, ma un trasferimento di molecole da un corpo all'altro. Questo permette di perseguire un obbiettivo di fondamentale importanza: minimizzare la produzione dei rifiuti. Il secondo è collegato al tipo di economia che queste strategie generano, la quale non richiede più che vi sia un volume di produzione in costante aumento. A obsolescenza programmata e transitorietà dei prodotti, l'economia circolare sostituisce la durabilità, intesa quale fondamentale condizione prestazionale del prodotto, divergendo in questo modo dalla posizione che assimila lo sviluppo alla crescita economica. Andando a riprogettare la filiera e incentivando l'occupazione più o meno specializzata, l'economia circolare favorisce ricadute positive non solo dal punto di vista ambientale, ma anche da quello economico e del benessere sociale. Questo permette di superare l'orizzonte delineato dall'eco-efficienza, la quale agisce esclusivamente sui primi due (Ghisellini et al., 2016) e di incoraggiare una sostenibilità in termini comprensivi, secondo il principio della *triple bottom line*.

1.2.2. Dalla riduzione alla reintegrazione: progettare secondo cicli virtuosi

Come illustrato, le teorie dell'economia circolare ammettono che vi sia una minima porzione di scarti che non viene recuperata, mirando a invertire con gradualità il carattere lineare del sistema economico. Approccio completamente diverso è quello che contraddistingue gli altri due modelli teorici menzionati, *Cradle 2 Cradle* (C2C) e *Blue Economy*, i quali perseguono la completa chiusura del cerchio richiedendo di gestire, all'interno dell'economia, dei materiali che siano completamente reintegrabili all'interno dei cicli biologico o tecnico. Si tratta quindi di sistemi nettamente più efficienti dal punto di vista ambientale, che trovano tuttavia difficile applicazione nel momento in cui si debba operare sul capitale artificiale non progettato per tale esito.

Cradle to Cradle (C2C)

L'approccio progettuale C2C (da *Cradle to Cradle,* ["dalla culla alla culla"]) propone di rinnovare completamente i processi industriali, riorganizzandoli sulla base del funzionamento di quelli naturali. Come nel caso dell'economia circolare, le risorse materiali sono considerate appartenenti a due insiemi diversi, divisi tra nutrienti tecnici e nutrienti organici. Scopo del modello C2C è che questo flusso di risorse, una volta giunto all'interno del sistema economico, possa continuare a circolare come all'interno di un sistema metabolico privo di rifiuti. Tale approccio – evidentemente biomimetico[23] – è stato teorizzato dall'architetto William McDonough (n. 1951) e dal chimico Michael Braungart (n. 1958), i quali lo propongono alla luce della necessità di "rifare il modo in cui facciamo le cose" [*remaking the way we make things*][24] (2002). Essi infatti considerano infruttuoso il corrente approccio che mira a ridurre la quantità di rifiuti prodotta dal sistema industriale attraverso il loro avvio a processi di riciclo. Tale posizione è dovuta a due ragioni. Da un lato tale gestione viene impiegata perché permette di giustificare la crescita economica su cui si basa l'economia contemporanea, senza quindi volerne modificare i fattori negativi di fondo ma solo perseguendo una "logica di riduzione del danno" (Altamura, 2015). Tale condizione è quella che, come esaminato nel paragrafo precedente, impone all'uomo il ruolo di consumatore necessario alla produzione in costante crescita. Dall'altro, quello del riciclo è un processo che viene proposto come salvifico solo perché funzionale alla narrativa dell'eco-efficienza, una strategia che, secondo gli autori, risale agli inizi dell'era industriale, ma le cui tracce sono ancora evidenti nella retorica impiegata all'interno del Rapporto Brundtland. Come nel caso del principio di riduzione dell'inquinamento, quello di riduzione dei rifiuti attraverso il riciclaggio è uno dei punti cardine della eco-efficienza, tuttavia rappresenta in egual modo uno strumento mirato a rimandare nel tempo i problemi senza risolverli (McDonough e Braungart, 2002). A ciò si aggiunge il fatto che i processi di riciclo finiscono per provocare nel tempo una diminuzione della qualità dei materiali, da loro definita

23 - In ambito chimico, il processo biomimetico è definito come quello realizzato allo scopo di imitare e riprodurre un fenomeno osservato in sistemi biologici. Questo approccio scientifico che intende introdurre "nel mondo artificiale il sapere e la consapevolezza della natura per un'ecologia industrializzata" viene impiegato nel campo dell'architettura e del design per descrivere "processi, prodotti, progetti e forme ispirati, copiati, sintetizzati a partire da soluzioni proprie della natura" (Chiesa, 2016).

24 - Sottotitolo della pubblicazione "Cradle to cradle", in italiano tradotto "come conciliare tutela dell'ambiente, equità e sviluppo".

downcycling[25].
Questa è principalmente dovuta al fatto che il materiale originario nel corso dei processi di riciclo viene fuso o mescolato con altri, fatto che comporta una incidenza negativa sulle prestazioni (di resistenza, duttilità, durabilità…) della Materia Prima Secondaria[26] (MPS), generata dal processo. Queste attività, oltre a richiedere un input di energia – e in alcuni casi anche di materie prime – possono inoltre prevedere l'impiego di additivi chimici che producono effetti inquinanti sulla biosfera[27]. Di conseguenza, l'eco-efficienza non rappresenta una strategia di successo nel lungo termine, poiché non si distacca dal modello economico e industriale corrente, bensì si limita a rallentare il consumo di risorse e l'entità dell'inquinamento prodotto, procrastinando nel tempo i danni ambientali senza risolverli alla radice. I modelli produttivi C2C, al contrario, rappresentano in questo senso un cambio di paradigma. Secondo McDonough e Braungart, per operare questa transizione è necessario rivoluzionare gli schemi progettuali che operano secondo il modello *from cradle to grave*, "dalla culla alla tomba", per conformarli a quello *from cradle to cradle,* "dalla culla alla culla". Apprendendo dalla gestione delle risorse che viene condotta negli ecosistemi, è possibile lavorare in sinergia con la natura fino ad arrivare alla completa eliminazione dei rifiuti. Come nel caso dell'economia circolare, è necessario distinguere tra cicli biologici, all'interno dei quali gestire i materiali biodegradabili, e quelli tecnici, ai quali afferisce invece il capitale di origine artificiale. Tutti i prodotti appartenenti al primo insieme vanno progettati per non vedere il loro reintegro nell'ambiente inficiato dalla presenza di additivi chimici, imballaggi, altri materiali dai quali non possono essere disaccoppiati. Analogamente, ogni prodotto tecnico va "studiato per rientrare nel ciclo tecnico, nel metabolismo industriale da cui proviene" (McDonough e Braungart, 2002), conservando le proprietà in termini qualitativi senza essere sottoposto a processi che lo vedano integrato ad altri materiali. Un incentivo in questo senso sarebbe apportato da un'economia che, invece di inquadrare i prodotti come beni, li considerasse quali mezzi per veicolare un servizio e che, conseguentemente, trarrebbe vantaggio da una loro durabilità. I materiali parte del prodotto resterebbero in tal modo di proprietà del produttore, il quale, una volta che l'utente desiderasse terminare il contratto di utilizzo del bene, potrebbe ritirarlo, disassemblarlo e reimpiegare i componenti ancora funzionanti. Per garantire l'effettiva sostenibilità dei sistemi di produzione, da un orientamento progettuale orientato a costi, aspetti formali e funzionalità, che attenua le esternalità ambientali per mezzo dell'eco-efficienza, è necessario adeguare la visione a un obbiettivo di "eco-efficacia". Questo è possibile adottando contemporaneamente le due strategie sopra descritte: un modello produttivo

25 - Per approfondimenti in merito a questo termine si veda il paragrafo 2.1.2.

26 - Definita anche "Materia Prima Seconda", per MPS si intende la sostanza ottenuta attraverso la conduzione di operazioni di recupero di rifiuti e che, dopo tali trattamenti, può essere impiegata in un processo industriale o commercializzata (divenendo a tutti gli effetti un prodotto). Il termine viene comunemente impiegato per identificare le sostanze ottenute a seguito delle operazioni di riciclo. Si tratta in realtà di una denominazione esclusivamente italiana che, seppure sia ancora molto diffusa, non è aggiornata alle modificazioni introdotte a livello europeo dalla Direttiva quadro sui rifiuti (2008/98/CE) e non corrisponde in pieno al termine ivi impiegato, quello di End of Waste. Tali argomenti sono esaustivamente trattati nel capitolo 3.

27 - Un esempio sono i processi che impiegano colle a base di formaldeide per i prodotti edilizi di legno o realizzati con scarti lignei (fino a tempi recenti tali colle erano utilizzate anche per il legno ingegnerizzato, tra cui il *cross-lam*) o, più in generale, che fanno uso dei VOC, Composti Organici Volatili, soprattutto nella produzione in molti arredi e rivestimenti.

biomimetico che opera secondo un principio *cradle to cradle* e l'attivazione di una economia di servizi.

Blue Economy

Un terzo innovativo modello di gestione che si avvale dei principi ecologici per proporre una alternativa al paradigma lineare è quello della *blue economy*, ideata dall'economista belga Gunter Pauli (n. 1956). Scopo della *blue economy* è di superare il modello ereditato dall'epoca industriale, che l'autore definisce *red economy*, colpevole di consumare le risorse del pianeta consegnando alle generazioni future il debito da ripagare. Appare analogamente necessario superare anche gli obbiettivi che si pone la green economy, che per ottenere lo scopo di preservare l'ambiente richiede alle aziende produttrici e ai consumatori di investire di più, ottenendo di conseguenza un limitato successo (Pauli, 2010). Per rendere efficaci i modelli produttivi è necessario che questi seguano le leggi della fisica e le teorie ecologiche, soprattutto prendendo in considerazione che molti prodotti realizzati per mezzo di processi chimici, come quelli polimerici, non possiedono una facile biodegradabilità nell'ambiente. Alla produzione di questo tipo di rifiuti c'è una alternativa, quella di un sistema sinergico ottenuto progettando "i processi a cascata, così che i rifiuti di un processo produttivo possano essere materie prime per un altro" ottenendo un processo rigenerativo ciclico (Pauli, 2014). L'opinione di Pauli è che modelli come quelli della *performance/circular economy* e del *C2C,* nonostante gli obbiettivi, non permettano di distanziarsi effettivamente dal sistema che impone una crescita economica, dato che restano legati a una idea di competitività basata sul prezzo e sulla qualità dei prodotti finali. Al contrario, uno sfruttamento delle risorse locali agendo secondo un principio di prossimità permetterebbe di imitare il funzionamento degli ecosistemi, realizzando una "cascata" in cui i nutrienti fluiscono da uno stadio all'altro senza necessità di input energetici perché ciò avvenga. Imitando i modelli della natura, sia nei cicli tecnici che in quelli biologici, gli scarti di produzione di una azienda possono diventare i materiali di base delle attività di un'altra, contribuendo così allo stesso tempo alla creazione di numerosi nuovi posti di lavoro. Inoltre, questo approccio permetterebbe di limitare il consumo di risorse naturali, contrapponendo l'efficacia dei principi di sufficienza alla corrente affannosa ricerca di produttività, generatrice di abbondanza. Ciò sarà possibile solamente se le imprese si innoveranno completamente, adottando dei modelli eco-produttivi che si conformino alle leggi della fisica che la natura, impiegando esclusivamente risorse rinnovabili, per prima segue. I sistemi naturali sono interrelati e si basano sulla comunicazione tra gli organismi, i quali contribuiscono, ciascuno all'interno dei propri definiti limiti, al funzionamento dell'insieme. È questo il modello che la *blue economy* intende replicare, proponendo al settore produttivo delle innovazioni radicali che ne facilitino una effettiva transizione verso una sostenibilità dalla forte componente etica. Modellando i processi in base alle risorse disponibili a scala locale è infatti possibile generare dei benefici in favore delle comunità autoctone, soprattutto nel caso di quelle più indigenti e bisognose. Allo stesso tempo, la minimizzazione della produzione dei rifiuti – ottimisticamente azzerata – va coniugata a un ripensamento della domanda di energia, che deve analogamente seguire i principi che regolano i sistemi naturali, attraverso la riduzione della nostra dipendenza dai carburanti fossili. Questo nuovo modello richiede, come intuibile, una vera e propria rivoluzione produttiva, la quale comporta, insieme alle numerose opportunità imprenditoriali, anche dei

rischi di investimento da parte delle aziende che siano orientate a conformarvisi.

1.2.3. Flussi e stock nel metabolismo urbano

I processi di gestione delle risorse materiali si inseriscono nel complesso sistema, prodotto dall'azione umana, di interrelazioni tessute fra la sfera antropica e quella naturale. Il contributo che l'implementazione di processi circolari può apportare in ambito economico va per questo considerato con una prospettiva più ampia, in relazione al quadro di fattori sociali, produttivi e politici che lo condizionano, per poter individuare su quali degli stessi intervenire. Le aree urbane rappresentano un secondo ambito ove appare essenziale indurre delle modifiche sostanziali verso una circolarità nella gestione delle risorse materiali.

> Le città sono attualmente per lo più dei reattori lineari: il loro metabolismo consta nel consumare materiali e beni che arrivano da altrove, trasformarli in edifici, infrastrutture per l'approvvigionamento di energia o acqua, per comunicazioni o mobilità, e in rifiuti, i quali sono eliminati in modo sommario, tipicamente con scarso riuso o riciclo (Ferrao e Fernández, 2013).

La rete globale di "processi tecnici e socioeconomici che avvengono nelle città e comportano crescita, produzione di energia ed eliminazione di rifiuti" (Kennedy et al. 2007) definisce il Metabolismo Urbano[28], analizzato attraverso dei modelli che esaminano quattro principali flussi di input e output: acqua, materiali, energia e nutrienti (fig. 1.11). Queste indagini prendono naturalmente in considerazione tutte le differenze che intercorrono tra una città e l'altra, dovute alla fase di vita dell'insediamento, allo stadio di sviluppo, ai fattori culturali e alle differenze di tipo climatico o di densità abitativa che influiscono sui flussi energetici[29].
Alla luce del regime di crescita lineare connaturato al metabolismo delle aree urbane contemporanee, nonché al considerevole aumento di popolazione cui saranno soggette nei prossimi decenni[30], queste dinamiche sono destinate a divenire via via più intense. Obbiettivo che il metabolismo urbano condivide con l'economia circolare è quello di trasformare i flussi di tipo lineare in un metabolismo circolare nel quale "i rifiuti sono riconvertiti in nutrienti (materie prime) che possono essere reintrodotti nei processi produttivi" (Ferrao e Fernández, 2013). Ciò suggerisce che sia possibile gestire gli input e output costruendo dei modelli di produzione e consumo sostenibili. Questi flussi, infatti, generano dei processi di – più o meno temporanea – accumulazione di risorse all'interno del perimetro cittadino, ovvero degli stock, i quali, se adeguatamente sfruttati, potrebbero evitare una ulteriore domanda di energia o materie prime, andando contribuire in modo determinante all'efficienza in termini ambientali dei modelli urbani di produzione e consumo (Dijst et al., 2018).
I flussi, insieme agli stock da essi determinati, rappresentano l'esito delle attività

28 - Nel caso dei materiali, il principale strumento impiegato per analizzare i flussi che attraversano una città è la *Material Flow Analysis*. Questo metodo utilizza dati statistici per monitorare l'ingresso, il consumo, la conversione e l'uscita di particolari sostanze all'interno di un perimetro definito. Esso distingue i beni e servizi che fungono da stock, ovvero da accumulazioni interne al sistema, e quelli che costituiscono invece dei flussi.

29 - La prima applicazione delle teorie del metabolismo urbano, il cui oggetto era una ipotetica città statunitense di un milione di abitanti, risale al 1965.

30 - Arrivando a includere quasi il 70% della popolazione nel 2050, secondo le stime delle Nazioni Unite. https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html [12.2020].

che vengono intraprese nel perimetro della città e sono fortemente condizionati dalle dinamiche che in queste aree hanno luogo.
Tra i principali fattori che determinano entità e composizione di input e output, il complesso capitale artificiale che costituisce l'immagine fisica della città, composto di infrastrutture, edifici, spazi urbani, gioca un ruolo fondamentale.
Se dal punto di vista energetico va considerata la rilevante domanda di energia necessaria alle nostre attività quotidiane – spesso svolte all'interno di strutture dalle prestazioni inadeguate – non si può tralasciare il punto di vista della gestione delle risorse materiali. Ciò non solo alla luce di come il settore delle costruzioni contribuisca in modo determinante al totale dei rifiuti prodotti[31], ma anche considerando l'energia incorporata dai prodotti e dai componenti impiegati nella costruzione degli edifici.

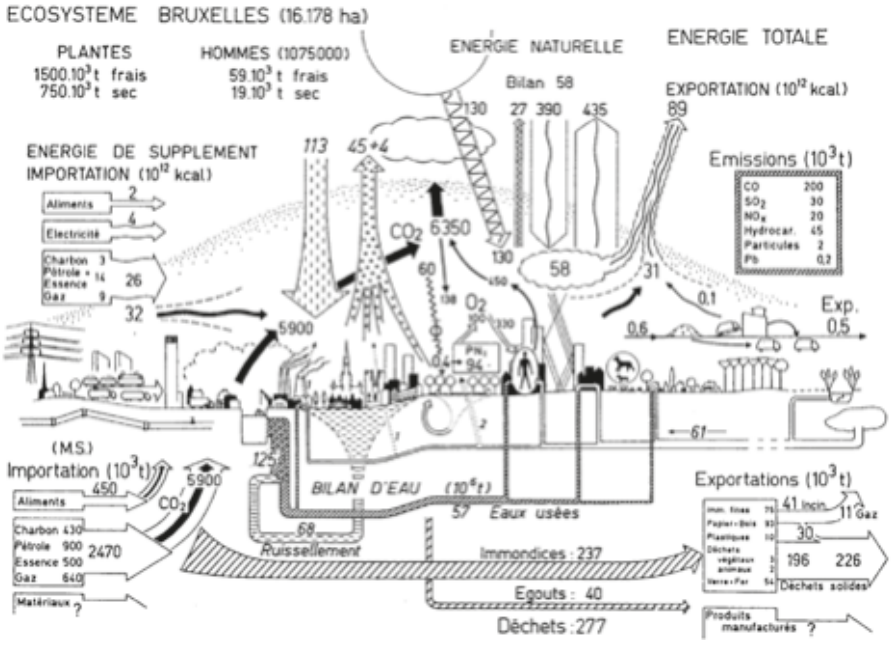


Fig. 1.11. Elaborazione grafica del concetto di metabolismo urbano applicato alla città di Bruxelles in uno studio degli anni Settanta (Kennedy et al., 2007; fonte originale Duvigneaud e Denaeyer-De Smet, 1977)

In questa prospettiva, il costruito, inteso come prodotto artificiale, si rivela un ambito determinante nel quale agire. L'analisi metabolica delle aree urbane, esito delle dinamiche di flussi e stock, rivela di condividere la medesima visione evolutiva dei processi di gestione delle risorse propria delle strategie circolari e dimostra di poter fornire un prezioso supporto in termini informativi per l'attivazione degli stessi. Considerando come l'ambiente urbano sia composto di manufatti progettati senza che fosse preso in considerazione il loro fine vita, disciplinare la gestione delle risorse materiali *già* presenti negli stock della città si dimostra un primo passo per incrementare la sostenibilità degli insediamenti umani. Se, infatti, i limiti del pianeta devono indurre profondi mutamenti in ambito progettuale e nei modelli di produzione e consumo,

> il cambiamento che si rende necessario non può che partire dal mondo così come esso è oggi, in tutta la sua profonda, irreversibile artificialità (Manzini, 1990).

L'adozione di un approccio metabolico nell'esaminare le esternalità che i processi

31 - Un report di Deloitte (2017), realizzato in collaborazione con BRE e altri enti, riporta che, con esclusione delle operazioni di riempimento e dragaggio, i 28 Stati membri dell'Unione hanno prodotto nel 2012 complessivamente 350 Mt (Megatonnellate) di rifiuti da C&D, il 90 % dei quali ascrivibili alla frazione inerte. I principali Paesi produttori di questi flussi materiali sono Germania (ca. 90 Mt), Francia (ca. 65 Mt), Regno Unito (ca. 45 Mt) e Italia (ca. 40 Mt). La Commissione Europea registra come i rifiuti generati dalle attività di costruzione e demolizione corrispondano al 25-30% della produzione totale di rifiuti nell'area europea (https://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm) [10.2020].

edilizi generano nel produrre l'ambiente urbano impone una riflessione sulla relazione tra questo e l'ambiente naturale che lo circonda e supporta. In termini di esternalità, vanno considerate quelle dovute alle attività di estrazione, lavorazione, trasporto e messa in opera attraverso i quali le materie prime vengono trasformate in prodotti o componenti, erodendo il capitale naturale e producendo emissioni e scarti. Lo stesso avviene nel momento in cui l'edificio giunge a fine vita e viene demolito, dando luogo a un flusso di output costituito dai rifiuti da C&D. Se si considera l'incremento di popolazione residente in territori urbanizzati previsto nei prossimi decenni, appare evidente che l'incidenza dei processi edilizi in termini di impatti ambientali sia solo destinata ad aumentare. A tali circostanze contribuiscono le caratteristiche dello stock edilizio contemporaneo, una considerevole porzione del quale non possiede, infatti, i necessari requisiti di ordine sismico, energetico o abitativo per vedere prolungata la propria vita utile e sarà di conseguenza destinato a demolizione. Tali circostanze determinano, in prospettiva futura, un aggravio dell'impronta materiale delle aree urbane. Se in era preindustriale esse erano costrette a mantenere un equilibrio sostenibile con il territorio in cui erano insediate e dal quale ottenevano tutte le risorse, nella contemporaneità i flussi di input e output non hanno più alcuna relazione con la regione geografica in cui la città è collocata.
Le strategie circolari dimostrano, in questo contesto, di poter promuovere la sostenibilità degli insediamenti urbani attraverso un nuovo modello di gestione delle risorse materiali. La transizione del settore edilizio verso la circolarità, tuttavia, richiede che una prospettiva innovativa sia assunta da parte di tutti gli operatori coinvolti nel mercato delle costruzioni, in particolar modo dai progettisti.

1.3. Progetto e circolarità: il ruolo dell'architetto nella gestione delle risorse materiali

1.3.1. Gli impatti del settore edilizio

> I am enthusiastic over humanity's extraordinary and sometimes very timely ingenuities. If you are in a shipwreck and all the boats are gone, a piano top buoyant enough to keep you afloat that comes along makes a fortuitous life preserver. But this is not to say that the best way to design a life preserver is in the form of a piano top. I think that we are clinging to a great many piano tops in accepting yesterday's fortuitous contrivings as constituting the only means for solving a given problem (Buckminster Fuller, 1969).

È questo l'incipit di *Operating Manual For Spaceship Earth*, saggio di Richard Buckminster Fuller (1895-1983) pubblicato a distanza di soli tre anni dal noto testo di Boulding – del quale prende dichiaratamente in prestito il titolo. La necessità di limitare gli impatti antropici sull'ambiente è un tema che, valicando i perimetri prettamente ecologici ove viene in prima battuta rilevato, investe rapidamente le discipline del progetto. Se il compito di queste ultime è quello di definire le caratteristiche di ciò che sarà realizzato, è proprio sulla fase progettuale del processo che gravano le maggiori responsabilità nel determinare quali relazioni intercorreranno tra il prodotto finale e l'ambiente.
Buckminster Fuller sottolinea come il miglior modo di progettare [*the best way to design*] sia quello consapevole delle ripercussioni generate nel futuro, che si avvale di uno sguardo che sa superare, ove necessario, gli accorgimenti adottati nel passato, comunemente – ma erroneamente – considerati i soli strumenti a

disposizione. Uno dei temi che ricorre con frequenza nel saggio è quello relativo alla gestione delle risorse naturali, che viene esemplificato con l'utilizzo di due metafore. La prima di queste rileva come la nostra comunità di inconsapevoli "astronauti" sia collocata all'interno di una *spaceship* la cui capacità rigenerativa è stata progettata in maniera eccezionale, ma della quale non ci è mai pervenuto il manuale di istruzioni. È stato l'ingegno umano a permetterci di scoprire, attraverso procedure scientifiche sperimentali con cui interpretare la realtà, quali fossero le capacità da sviluppare per garantirci una soddisfacente sopravvivenza. Tuttavia, se fino alla contemporaneità le risorse naturali sono state sufficienti per la vita antropica, la nostra riserva "cuscinetto", impiegata finora per "prova ed errore", è ormai esaurita: non è possibile sfruttare i combustibili fossili se non tenendo in considerazione i loro lunghi tempi di rigenerazione. La seconda metafora ribadisce questa circostanza: l'"astronave Terra" è paragonata a un veicolo meccanico, un'automobile, dunque per favorirne un corretto funzionamento serve "introdurvi olio e carburante, mettere acqua nel radiatore e prendersi cura dell'auto in generale" (Buckminster Fuller, 1969). Il capitale naturale costituisce la nostra "ricchezza", termine il cui significato dato dall'interpretazione umana appare arbitrario e inadeguato al confronto con i processi contabili ("*accounting processes*") che avvengono alla scala dell'universo. È dunque grazie alla "nostra capacità organizzata di gestire in maniera efficace l'ambiente permettendo la nostra salutare rigenerazione" che possiamo prevenire una "completa irresponsabilità" nei confronti delle generazioni successive, poiché "da questo momento si tratta di successo per tutti oppure per nessuno" (1969).

Nell'ottobre 2003, la *cover* del magazine statunitense *Metropolis* presenta delle stampe architettoniche ordinate in tre rotoli verticali che, come altrettante ciminiere, emettono una nuvola di fumo nero. Sopra di esse campeggia la scritta *Architects pollute* [Gli architetti inquinano] (fig. 1.12). A dispetto della nascita e della progressiva diffusione della progettazione architettonica sostenibile[32], appare evidente che i decenni successivi alla pubblicazione del saggio di Buckminster Fuller non hanno indotto sufficienti innovazioni nell'approccio progettuale



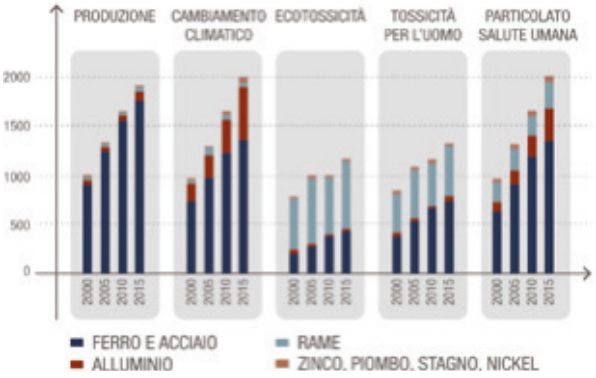
Fig. 1.12. Copertina della rivista Metropolis, ottobre 2003

32 - Come rileva l'enciclopedia Treccani, questa espressione non definisce "un ambito disciplinare ben delineato, con caratteristiche e stilemi codificati, ma una modalità di approccio al progetto" che si rifà alla definizione condivisa del concetto di sostenibilità incluso nel Rapporto Brundtland. Per architettura sostenibile si intende dunque una progettazione orientata alla compatibilità dell'edificio con l'ambiente naturale e con il contesto in cui si inserisce, in grado di soddisfare le necessità presenti attraverso un uso consapevole delle risorse, senza compromettere, quindi, la futura possibilità di fare altrettanto. Si tratta dunque di un approccio al progetto che tiene in considerazione una molteplicità di aspetti diversi e interconnessi tra loro, adottando strategie adeguate al contesto climatico che compiono un uso efficiente delle risorse, coniugando gli aspetti costruttivi e quelli energetici in una prospettiva di tempo lungo. Se in un primo momento l'attenzione della progettazione sostenibile in architettura è stata rivolta al tema dei consumi e ha dunque promosso le azioni volte al risparmio energetico, il corrente orientamento privilegia la prospettiva del ciclo di vita degli edifici e dei prodotti che li costituiscono. Queste tematiche saranno affrontate in dettaglio nei prossimi capitoli. https://www.treccani.it/enciclopedia/architettura-sostenibile_%28Lessico-del-XXI-Secolo%29/ [09.2020].

e nel settore edilizio in genere. Al contrario, quest'ultimo rappresenta ancora oggi uno dei principali ambiti nei quali è necessario promuovere una gestione strutturata ed efficace del capitale naturale.

A livello globale, l'estrazione di minerali è triplicata nel corso degli ultimi cinquant'anni, con un tasso che negli ultimi venti presenta una netta accelerazione: queste attività, comprese le relative lavorazioni, concorrono al 50% circa delle emissioni totali di gas effetto serra (IRP, 2019). L'industria del calcestruzzo costituisce l'esempio di un settore dalle molteplici conseguenze negative in termini ambientali, dato che non solo contribuisce al 5% delle emissioni globali, ma comporta sia un notevole consumo energetico in fase di produzione che un intensivo sfruttamento della sabbia marina (Parrique et al., 2019). La crescita economica, insieme alla associata crescita delle costruzioni, comporta l'aumento della domanda di minerali da costruzione, nonostante in area europea l'elevato incremento della stessa sia stato fortemente ridimensionato dalla crisi economica del 2008. Un recente report dell'OECD (2018) conferma tuttavia che il volume estratto di minerali non metallici (sabbia, ghiaia, calcari e roccia frantumata), il quale attualmente, in peso, costituisce più del 50% delle risorse materiali consumate, è destinato a una inarrestabile crescita globale da qui al 2060[33]. Anche la filiera dell'acciaio, fondamentale per le costruzioni, rappresenta un settore dagli impatti di considerevole importanza, non solo per la considerevole produzione, bensì anche per i quantitativi di energia necessari per la lavorazione del metallo estratto (IRP, 2019). Tali circostanze ricoprono un ruolo essenziale nel rendere la produzione dell'acciaio quella che comporta gli impatti più elevati in termini di cambiamento climatico tra i principali metalli estratti a livello globale. Come illustrato dalle figg. 1.13 e 1.14 entrambi i settori, sia quello dell'acciaio che quello del calcestruzzo, producono impatti rilevanti non solo in termini di cambiamento climatico, ma anche in aree quali acidificazione, inquinamento di aria e acqua, richiesta di energia, salute umana e tossicità di suoli e acqua (OECD, 2018).

Fig. 1.13. Quantità di metalli estratti e impatti ambientali dell'attività mineraria e di trasformazione, 2005- 2015 (comparazione dei 10 metalli che insieme costituiscono più del 95% del totale estratto) (IRP, 2019)



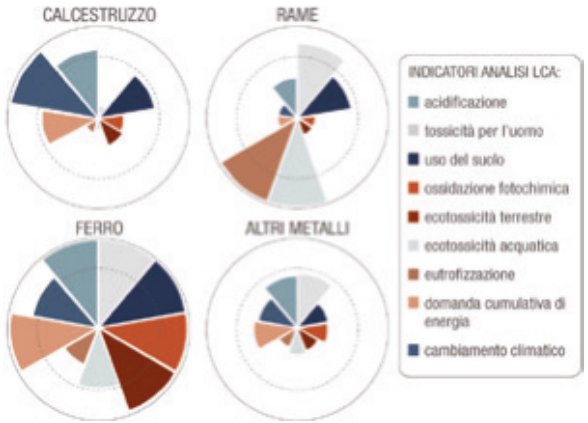


Fig. 1.14. Diversificazione degli impatti ambientali globali di alcuni materiali impiegati nelle costruzioni (OECD, 2018)

Alle esternalità che il settore delle costruzioni produce per l'estrazione e la lavorazione delle materie prime, unite al trasporto dei prodotti così ottenuti, si aggiungono non solo quelle della fase operazionale, ma anche gli impatti della demolizione. L'industria del riciclo è destinata a rimanere un settore il cui ordine di grandezza è notevolmente inferiore rispetto a quello rappresentato dall'estrazione di materie prime (Parrique et al., 2019; OECD, 2018). Inoltre, come illustrato nei paragrafi precedenti, il riciclo dei materiali produce una perdita di proprietà degli stessi, circostanza che diminuisce i benefici ambientali di questi processi e alla quale potrebbe porre, in parte, rimedio il reimpiego diretto

33 - I principali dati afferenti al settore edilizio sono riportati anche sul sito dell'ente. https://www.oecd.org/environment/raw-materials-use-to-double-by-2060-with-severe-environmental-consequences.htm [06.2020].

di prodotti e componenti (IRP, 2019). Il capitale artificiale può, in questo senso, costituire una importante fonte di minerali e metalli per il settore industriale e, potenzialmente, una fonte di materie prime nel futuro.

> Gli stock di matrice antropica sono stati studiati molto meno di quelli geologici, ma rappresentano un'area di crescente interesse in particolar modo nelle economie industrializzate nelle quali gli stock geologici sono limitati, ma quelli artificiali considerevoli (…) di conseguenza, c'è una considerevole consapevolezza circa il fatto che le strutture, gli edifici e i prodotti che ci circondano nell'economia di oggi potrebbero diventare le miniere urbane del domani. (OECD, 2015)

Il costruito esistente si dimostra anche in questa prospettiva un ambito idoneo all'applicazione dell'economia circolare, date le risorse in esso integrate per le quali è possibile ipotizzare non solo il riciclo, ma anche un secondo impiego per mezzo di un riuso il più possibile diretto.
Questa visione deve tuttavia confrontarsi con le caratteristiche del patrimonio edilizio contemporaneo, al fine di verificare la sua idoneità alla potenziale attivazione di questo tipo di strategie.

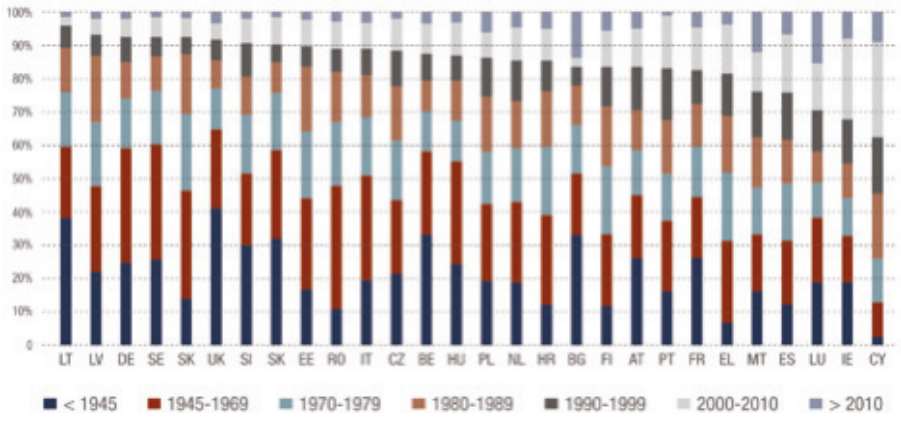


Fig. 1.15. Stock residenziale europeo classificato per anno di costruzione (ECSO, 2018)

Se si considera lo stock edilizio europeo residenziale[34], la cui età è riportata nel grafico in fig. 1.15, i fabbricati costruiti prima del 1969 costituiscono quasi la metà del totale. Questa percentuale sfiora il 65% se si includono le costruzioni risalenti al decennio successivo (EU Buildings Database, 2020), nel corso del quale sono state emanate le prime normative in merito all'efficienza energetica. Escludendo il patrimonio di valore storico, come già accennato nel paragrafo 1.2.3 le circostanze suggeriscono che gran parte di questi edifici sarà nei prossimi decenni destinata a demolizione o a ristrutturazioni importanti. Esito di queste operazioni sarà una notevole quantità di rifiuti derivanti dalle attività di Costruzione e Demolizione (C&D): non solo materiali, ma anche prodotti e componenti giunti a fine vita. In altri termini, un capitale artificiale che attraverso il reimpiego può costituire, potenzialmente, risorsa.

34 - In dettaglio, gli edifici costruiti prima del 1945 costituiscono il 22,7%, quelli realizzati tra il 1945 e il 1969 il 26,2%, quelli tra il 1970 e il 1969 il 16%. Sul territorio nazionale le medesime percentuali differiscono parzialmente, costituendo rispettivamente il 19,8%, il 31,3% (evidente esito del boom economico del Secondo dopoguerra) e il 17,6% del totale, per una quota di edifici residenziali costruiti prima del 1979 pari al 68,5% del patrimonio edilizio residenziale.

1.3.2. Il metabolismo materiale delle costruzioni in ambito urbano

Analizzato in prospettiva metabolica, il comportamento di un edificio nei confronti del suo intorno, più o meno immediato, è descrivibile in flussi di input e output la cui entità varia nel corso del ciclo di vita del fabbricato. Dal punto di vista energetico, esso necessita di input nel corso della propria costruzione ed eventuale dismissione, ma soprattutto nel corso della fase d'uso. I processi di produzione e consumo che coinvolgono gli edifici sono infatti responsabili del 32% dei consumi di energia finale, una percentuale che si alza al 40% se si prende invece in considerazione l'energia primaria (Commissione Europea, 2019). A tali consumi è associata una quantità notevole di emissioni di gas effetto serra, l'output, la cui entità varia in relazione alle caratteristiche specifiche dell'edificio e al mix energetico di cui esso fa uso. Se si considera il punto di vista delle risorse materiali, il metabolismo del fabbricato assume una forma quasi antitetica. È infatti nelle fasi di costruzione e demolizione che i flussi di materie prime, trasformate in materiali, prodotti e componenti, sono più ingenti, dettando un accumulo stazionario di questo stock nel corso della vita utile dell'edificio, con l'eccezione di eventuali attività di manutenzione o ristrutturazione. Ciò significa che a un input di risorse materiali, sotto varia forma, corrisponde un output di rifiuti da C&D, i quali sono comunemente gestiti attraverso vari processi di trattamento, dal riciclo al conferimento in discarica. Va inoltre considerato che queste risorse incorporano tutta l'energia impiegata nei processi di estrazione, lavorazione, trasporto e messa in opera, la quale può quindi essere analogamente considerata, metaforicamente, una forma di stock, temporaneamente accumulato nel fabbricato poiché "già speso". Ampliando lo sguardo all'area urbana, la medesima dinamicacoinvolge non solo l'edificato, bensì anche le infrastrutture, i servizi, gli spazi pubblici, in altri termini l'intero ambiente costruito. Se una considerevole quantità di risorse, sotto varie forme, fa il proprio ingresso nelle città di tutto il mondo, è di analoga importanza ciò che dai centri urbani viene restituito all'ambiente circostante. Alla luce della crescente urbanizzazione prevista nei prossimi decenni, questo tema riveste un ruolo determinante nella creazione di un futuro sostenibile. È perciò necessario ridefinire "il nostro approccio nel progettare le città e gestire l'uso che esse compiono delle risorse" (Rogers, 1997), considerando le aree urbane come potenziali luoghi di dispiegamento di un metabolismo circolare, per mezzo del quale ridurre il consumo di risorse e massimizzarne il riuso (fig. 1.16).

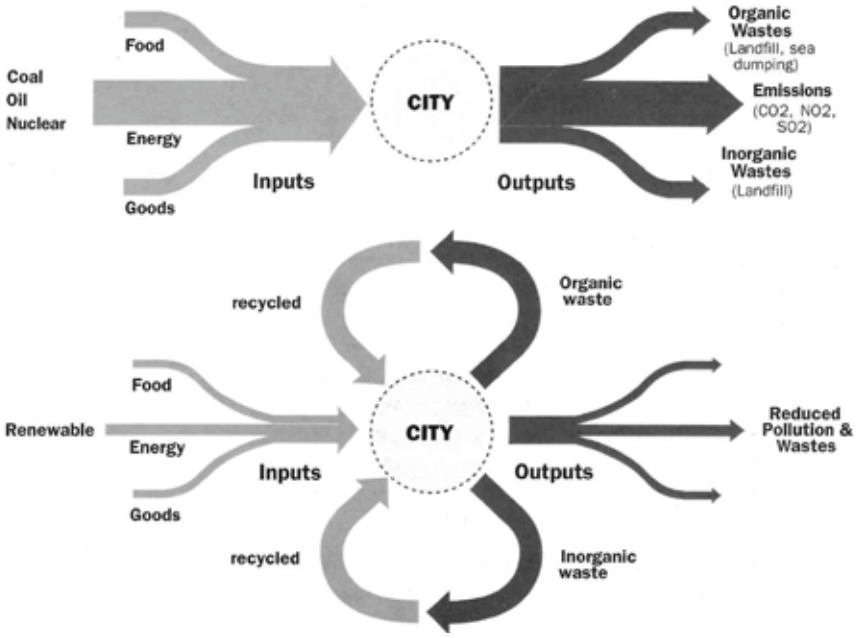


Fig. 1.16. Comparazione tra il metabolismo urbano lineare della contemporaneità e quello, auspicato, circolare del futuro (Rogers, 1997)

Queste considerazioni evidenziano come le scelte di un progettista determinino le caratteristiche di tutti gli input e output di risorse afferenti a un edificio, da entità e tipo dei flussi alla distanza di approvvigionamento di ciascuno di essi. È in tale contesto che l'economia circolare si dimostra uno strumento fondamentale per la gestione consapevole di aree urbane sostenibili attraverso la gestione consapevole dei processi costruttivi.
In linea generale, il tema della sostenibilità in ambito edilizio viene inteso nella prospettiva dei consumi, dato che la fase d'uso di un edificio è quella che richiede maggiori input in termini energetici. Di conseguenza, l'approccio dei progettisti si è orientato negli ultimi decenni verso un comportamento sempre più performante dell'involucro edilizio e della componente impiantistica, anche grazie alla strutturazione di una cornice normativa di settore sempre più esigente[35].
Per contro, l'aspetto della gestione materiale delle risorse che vanno a costituire un fabbricato, in termini di processo edilizio, non ha subito nel medesimo intervallo di tempo grosse modificazioni.
Questa sorta di inerzia nell'approccio progettuale – riscontrabile anche nel carattere di permanenza delle tecniche costruttive più comunemente impiegate – è imputabile al fatto che, come in tutti gli altri settori economici, l'introduzione dei processi di riciclo viene considerata una soluzione adeguata e sufficiente per far fronte alla gestione dei rifiuti prodotti (Lemille, 2019). Come sottolineano Reike et al. (2018), in una prima e molto prolungata fase, dagli anni Settanta ai Novanta, la maggior parte delle misure intraprese in termini di circolarità si sono concentrate sull'output, senza prevenire la produzione degli scarti e limitandosi a introdurre per questi ultimi dei trattamenti "*end-of-pipe*". Ciò ha ritardato l'applicazione di processi più efficaci, quali il riuso: "in pratica, riciclo e incenerimento, forme di minor conservazione del valore dei materiali, dominano ancora le politiche e i ricercatori devono spesso rifarsi a *dataset* pubblici riferiti a 'tassi di raccolta differenziata e riciclo', in quanto i dati sul reimpiego o sulla riduzione dell'input di risorse sono ancora difficili da ottenere" (Reike et al., 2018).
Come è stato esaminato nel paragrafo precedente, per quanto i processi di riciclo potranno essere resi efficienti, essi non produrranno un effettivo *decoupling* se non si opera al contempo una riduzione del volume di produzione. Considerando che il modello economico attuale difficilmente opererà una transizione verso delle strategie di sufficienza, una implementazione dei principi circolari che vada "oltre" il riciclo appare l'ipotesi più praticabile per incrementare la gestione sostenibile delle risorse materiali in edilizia[36].

35 - La prima normativa italiana risale alla L. 373/1976, a seguito della crisi energetica del 1973.

36 - Nonostante la pubblicazione di strategie volte alla promozione dell'economia circolare gli obbiettivi delle più recenti politiche europee (Commissione Europea, 2019) privilegiano ancora l'ambito energetico, incentivando in particolar modo l'aumento della quota di energia derivante da fonti rinnovabili. Nonostante solo alcuni Paesi membri impieghino in modo considerevole questo tipo di fonti (Eurostat, 2018), gli obbiettivi dell'Unione posti per il 2020 non sembra saranno disattesi, circostanza che apre uno spiraglio positivo sulla riduzione del consumo di combustibili fossili a livello europeo. Al contrario, il tema dell'*embodied energy* e del valore "incorporato" delle risorse materiali non viene ancora affrontato in modo esplicito e consistente.

1.3.3. Implicazioni progettuali: architettura, tempo, risorse

In ottica progettuale, l'integrazione di più efficaci processi circolari nel settore richiede una svolta culturale. Ciò vale sia per la realizzazione di nuovi edifici che per la gestione del patrimonio esistente. Nel primo caso è possibile supporre (o meglio, auspicare) la progressiva futura adozione di tecniche costruttive orientate alla circolarità sin dalla partenza. Esse consentirebbero agevolmente, una volta che la costruzione fosse giunta a fine vita, l'applicazione di processi gestionali in grado di conservare nel tempo il valore incorporato nei prodotti, componenti e materiali impiegati nel fabbricato. Nel secondo caso, al contrario, il governo dei flussi materiali risultanti dai processi di dismissione degli edifici attraverso processi circolari più efficaci del riciclo rappresenta una sfida, dato che il patrimonio edilizio attuale non è progettato in vista del suo fine vita.
Proprio tali circostanze permettono di rilevare l'urgenza con cui è necessario promuovere un distanziamento dalle consuete forme di trattamento dei rifiuti da C&D, in favore di processi che permettano minori impatti sull'ambiente e che rappresentino, al tempo stesso, un modo per "prendersi cura" del capitale artificiale. L'ambiente costruito, realizzato dall'uomo per l'uomo, rappresenta una responsabilità della quale la società deve farsi carico sotto un duplice punto di vista, essendo al tempo stesso mandante dei processi che l'hanno generato e sua fruitrice. Da questo punto di vista, i progettisti rivestono un ruolo fondamentale nella transizione verso una gestione circolare delle risorse materiali. La corrente fiducia nell'eco-efficienza e nella capacità della green economy di favorire uno sviluppo sostenibile rischia, al contrario, di favorire e legittimare una parziale deresponsabilizzazione delle scelte compiute dai professionisti. Essa suggerisce, di fatto, che il futuro (non certo né prevedibile) incremento di efficienza dei processi di riciclo saprà ridurre gli impatti del settore edilizio, senza considerare che al contempo il volume di produzione dei rifiuti da C&D aumenterà se si mantiene un modello *business as usual*. Questa prospettiva relega a tematica di minore importanza la consapevolezza dell'andamento e delle caratteristiche dei flussi materiali di input e output relativi a un edificio, subordinandoli ad aspetti economici e formali – la cui indubbia rilevanza andrebbe ricalibrata in presenza di una *effettiva* volontà di operare in ottica di sostenibilità.
Nell'affrontare il tema cruciale dell'ambiente costruito, presente e futuro, i progettisti contemporanei si misurano con la gestione in termini ecologici della sua "irreversibile artificialità", come definita da Manzini (1990). Se, nonostante l'apparente stasi, le *cose materiali* vivono in una "condizione di flusso" (Angélil e Siress, 2010), l'interpretazione della relazione tra architettura e la materia di cui essa è composta implica che il tema costruttivo sia permeato da una prospettiva temporale. Questo evidenzia i legami esistenti tra i processi costruttivi e i concetti di obsolescenza (o durabilità), scarto, reversibilità, in particolar modo nei luoghi in cui la concentrazione di risorse materiali lavorate dalla tecnica umana risulta maggiormente presente, nonché maggiormente problematica in vista del suo fine vita: le aree urbane.
L'obsolescenza in architettura deriva dal fatto che l'edificare contemporaneo manchi spesso di un adeguato approfondimento culturale, necessario perché esso sappia confrontarsi con la capacità di trasformazione dell'ambiente in cui è collocato (Giachetta, 2004). L'architettura, sia nell'intero organismo edilizio che negli elementi che la compongono, è soggetta a tre tipi di obsolescenza, in relazione alle diverse sfere con le quali queste categorie si interfacciano. Un primo

tipo di obsolescenza è quella funzionale, dovuta alla rapidità con cui mutano le dinamiche sociali, che influenzano il modo in cui un fabbricato viene fruito dall'utenza nel tempo. Un secondo tipo mancata *durée* è quella legata agli aspetti formali, soggetti alla transitorietà dei linguaggi nel mondo contemporaneo, determinando un invecchiamento dell'immagine dell'edificio. Il terzo tipo di obsolescenza, quella fisica, compromette invece la costruzione per via degli effetti dello scorrere del tempo sulle soluzioni tecniche adottate, che determina un decadimento prestazionale delle stesse. In molti casi questo fenomeno è riscontrabile sull'involucro del fabbricato, soggetto all'interazione con l'ambiente esterno e al rischio di deterioramento che ne consegue. L'interruzione del principio millenario che faceva coesistere la funzione strutturale e di "pelle" nello stesso elemento di chiusura ha fatto sì che quest'ultima sia divenuta la cartina tornasole dell'eventuale obsolescenza fisica, che si riflette inevitabilmente su quella formale. A differenza di altri esiti dettati dal trascorrere del tempo, l'obsolescenza in architettura sembra acquisire una propria autonomia che va oltre le intenzioni del progettista (Abramson, 2016) anche se appare opportuno domandarsi se questa precoce senescenza sia realmente imprevedibile (Raiteri, 2004).

> Tu potresti dire: lo edificio non si amala e non muore come l'uomo. Io ti dico che così fa proprio l'edificio: lui s'ammala quando non mangia, cioè quando non è mantenuto, e viene scadendo a poco a poco, come fa proprio l'uomo quando sta sanza cibo, poi si casca morto (Filarete, libro I, 2003).

Esaminando l'obsolescenza in prospettiva economica, è possibile affermare che "l'architettura nei contesti capitalisti è legata alla distruzione in modo costitutivo" (Cairns and Jacobs, 2014), trascinata nel perire perpetuo[37] dell'ambiente costruito di cui il capitale è edificatore e distruttore al tempo stesso. Ciò appare tanto più evidente quando non è un deterioramento fisico a costituire la causa principale dell'obsolescenza.

> Gli umani parlano e gli edifici no, gli edifici durano (o alcuni lo fanno), ma gli umani no. Ciò genera confusione in merito ai loro rispettivi significati e solleva dei dubbi circa la convenzionale presa di posizione in favore degli edifici. Tanto più dato che gli umani, sempre più spesso, sopravvivono loro (Scalbert e 6a Architects, 2013).

L'obsolescenza in architettura genera scarti. Ciò si applica tanto agli organismi edilizi incompiuti, "nuove rovine" (Settis, 2018) solo quando sfuggono alle rapide dinamiche della contemporaneità che li vorrebbe macerie (Augé, 2004), quanto ai materiali che derivano dagli edifici nei quali viene riconosciuta una obsolescenza irreversibile. Citando Farmer e Richman[38], Kevin Lynch (1992) mette in relazione l'uso degli artefatti scartati con il ciclo storico delle società. Se con la progressiva acquisizione di abilità le culture a basso reddito attivano la raccolta, selezione, riparazione e redistribuzione dei "rottami", dal momento in cui i beni diventano abbondanti e il costo della manodopera cresce diventa più economico anche gettare gli scarti ancora utili: la soluzione viene ricercata nella raccolta e l'eliminazione dei rifiuti. Questo punto di vista dipinge con estremo realismo la gestione contemporanea dell'ambiente costruito in termini di demolizione, un

37 - Gli autori rimandano alle posizioni di David Harvey, contenute in *Social Justice and the City* (1973).

38 - Farmer R.N., Richman B.M., 1965. *Comparative management and economic progress*.

processo che l'urbanista definisce dissipativo. Il materiale di risulta viene visto dai demolitori solo come "un accidente del loro lavoro, e gran parte di esso è più intimamente mescolata quando essi hanno finito" (Lynch, 1992), quando costituisce, al contrario, una perdita irreversibile di risorse materiali. A ciò si potrebbe porre rimedio considerando il processo di obsolescenza sin dalla fase progettuale, prevedendo una gestione separata delle parti in base alla durabilità di ciascuna di esse e realizzando un piano di demolizione per la gestione del fine vita. Le logiche di mercato impongono rapidità nella gestione di tutte le operazioni relative alle costruzioni, privando il capitale artefatto della propria storia rendendolo maceria, mentre

> un edificio in piedi è più facile da usare come miniera di materiale che non le sue macerie in una colmata. Il recupero di risorse consiste in una selezione (Lynch, 1992).

La reversibilità dei processi di obsolescenza è parzialmente controllabile attraverso il progetto, la reversibilità dei rifiuti attraverso il loro recupero finalizzato al riuso. Cieca dieci anni prima della pubblicazione di *Cradle to Cradle*, McDonough e Braungart vengono incaricati dalla municipalità di Hannover di redigere dei criteri per la progettazione sostenibile da impiegare in occasione dell'Expo del 2000, dedicata al ("commoneriano") tema *Humanity, Nature and Technology*. Nascono così nel 1992 gli *Hannover Principles*[39], delle linee guida da adottare per la costruzione dei padiglioni di modo che questi possano rispecchiare in termini di *design* e realizzazione la sostenibilità cui il tema espositivo fa implicito riferimento. Basandosi sulla fondamentale tematica ecologica esternata nel secondo principio, "riconoscere l'interdipendenza"[40], due degli enunciati affrontano in modo particolare l'approccio progettuale richiesto nella gestione delle risorse materiali. Il quinto principio si rifà al "valore di lungo termine" dei prodotti, processi o standard, inteso sia in senso di sicurezza degli stessi ma anche di durabilità, di modo da "non gravare sulle generazioni future con necessità di manutenzione". Il sesto principio enuncia invece in modo chiaro la necessità di "eliminare il concetto di rifiuto" applicando il funzionamento proprio del capitale naturale alla gestione di quello artificiale: "valutare e ottimizzare il ciclo di vita[41] dei prodotti e dei processi, per avvicinarsi al modello dei sistemi naturali, nei quali non esiste rifiuto". Peter Zumthor, progettista del padiglione svizzero per l'Expo, coglie appieno le implicazioni di queste indicazioni, in particolar modo quelle legate alla possibilità di smontaggio e reimpiego dei materiali utilizzati nella costruzione. Lo spazio della *Swiss Sound Box* è articolato da setti disposti secondo due direzioni ortogonali e composti da assi di legno non stagionato impilate. Queste sono accatastate l'una sopra l'altra senza incollaggi o fissaggi a secco, bensì mantenute in posizione da dei tiranti di acciaio connessi a bielle a molla (Altamura, 2015).

39 - La versione integrale del testo è disponibile all'indirizzo web: https://mcdonough.com/writings/the-hannover-principles/ [07.2020] Questi i nove principi: 1. *Insist on rights of humanity and nature to co-exist in a healthy, supportive, diverse and sustainable condition*; 2. *Recognize interdependence*; 3. *Respect relationships between spirit and matter*; 4. *Accept responsibility for the consequences of design*; 5. *Create safe objects of long-term value*; 6. *Eliminate the concept of waste*; 7. *Rely on natural energy flows*; 8. *Understand the limitations of design*; 9. *Seek constant improvement by the sharing of knowledg*e (McDonough Architects, 1992).

40 - "Gli elementi della progettazione umana interagiscono con il, e dipendono dal, mondo naturale, generando notevoli e diversificate implicazioni a tutte le scale. È necessario ampliare le considerazioni progettuali per riconoscere anche le conseguenze più lontane [del progetto]".

41 - Il tema di ciclo di vita di un prodotto sarà affrontato in dettaglio nel capitolo 4.

La consapevolezza dimostrata del progettista in termini di gestione del materiale impiegato per la costruzione si articola su due livelli differenti. Il primo riguarda la padronanza della dimensione temporale, dato che sin dalla fase progettuale si prevede che nel corso dell'esposizione l'altezza delle pareti diminuisca di più di un metro per via della stagionatura del legno (Slavid, 2005), rilasciando lentamente la tensione dei cavi (fig. 1.17). Il secondo livello è quello inerente all' "eliminazione del concetto di rifiuto", poiché la scelta di realizzare una struttura interamente a secco e priva di connessioni ne permette un facile disassemblaggio e la possibilità di reimpiegare direttamente le assi a fine manifestazione.



Fig. 1.17. Peter Zumthor, Swiss Sound Box, dettaglio. Hannover, 2000 (Roland Albe)

L'insieme delle scelte progettuali permette infatti di conservare il valore incorporato degli elementi impiegati.

L'applicazione di questi concetti all'ambito urbano acquista una dimensione di complessità molto più elevata in termini di controllo dei flussi materiali. Se, tuttavia, si cerca di incentivare quanto più possibile il metabolismo interno alla città minimizzando gli output, come suggerito da Rogers[42], appare evidente come i processi di riuso del capitale artificiale possano apportare dei benefici considerevoli in termini ambientali. Infatti, mentre il prelievo delle risorse materiali induce un progressivo esaurimento delle scorte di capitale naturale, per mezzo dei processi costruttivi queste si accumulano all'interno degli edifici. Al tempo stesso, l'aspettativa di vita dei fabbricati si riduce, insieme al tempo necessario alla loro svalutazione, come se il valore incorporato dei materiali impiegati nella costruzione si azzerasse assieme al valore di mercato. Se si considerano questi due fattori nella loro interrelazione, emerge come non sia più possibile considerare il nostro ambiente costruito come deposito finale dei materiali di cui è composto:

> Dovremmo piuttosto apprendere a vedere gli edifici come un deposito ad interim, una transitoria organizzazione di materia che potrebbre anche essere re-dislocata altrove, in modi differenti e con altri impieghi. La città diventerebbe così una miniera integrata per la sua stessa riproduzione (Ruby e Ruby, 2010).

Se nel modello contemporaneo, all'atto della dismissione di un prodotto o un edificio le risorse materiali di cui è composto divengono irrilevanti, prive di identità (Rau e Oberhuber, 2019), la loro preservazione diventa fondamentale per implementare un modello futuro circolare che vada oltre l'eco-efficienza. Questo è possibile attraverso lo *urban mining*[43], "un approccio che considera la città (…) come miniere in cui si trovano gigantesche riserve di materie prime, che possono, almeno in parte, venire recuperate" (Rau e Oberhuber, 2019). Non solo materie

42 - Si veda il paragrafo 1.3.2 e la fig. 1.16.

43 - Questo approccio progettuale, che si sta sempre più definendo come una vera e propria disciplina (Hebel, 2017) verrà trattato in modo esaustivo nel paragrafo 5.2.

prime, ma materie prime già *artefatte* in prodotti e componenti, dotati di identità e autonomia. Il loro elevato valore incorporato assume dunque una duplice natura: da un lato quello relativo alla *embodied energy* che li contraddistingue, dall'altro quello che li definisce come prodotto della tecnica umana e, dunque, come prodotto culturale (Hebel, 2017). Si tratta di un approccio che apre a una prospettiva di analisi metabolica complessa, orientata a integrare il concetto di *embodied energy* a quello della gestione dei flussi materiali in una prospettiva temporale:

> Se non altro, l'esplorare i temi di energia incorporata e progettazione suggerisce che potremmo reinventare il tempo in architettura (...) gli architetti dovrebbero studiare dove sia stata la materia, specificare come prende forma nel costruire e pianificare dove andrà a finire (...) dovrebbero coreografare gli atti di incorporazione e scorporazione (Benjamin, 2017)

Questo tipo di azioni permette inoltre di scoprire le caratteristiche fisiche inesplorate dei materiali, elementi e componenti edilizi, permettendo di considerarli quali forze generatrici del progetto piuttosto di avvalersi a questo scopo di un immaginario legato ai soli aspetti formali (Gang, 2010).

1.4. Conclusioni. Materia come risorsa: preservare il valore incorporato negli elementi.

Il concetto di economia circolare viene al giorno d'oggi comunemente riassunto in un elenco di azioni volte a identificare dei processi che permettono ai prodotti di rimanere in circolazione più a lungo e ne ritardano il divenire rifiuto. Ciò nonostante, le radici di questo modello si dimostrano legate a un quadro teorico consolidato e trasversale a più letture. Esso deriva la propria efficienza dal parallelo con l'"economia della natura", trova riscontro scientifico nelle Leggi della Termodinamica, si propone come alternativa ragionevole a un sistema economico che rende l'Uomo consumatore e alimenta le disparità. Per farlo, evita lo spreco, perché, al pari del capitale naturale, considera una risorsa anche il capitale artificiale.
L'attività antropica sul pianeta non sembra sapersi discostare né dallo sfruttamento sempre maggiore di risorse naturali né dalla progressiva crescita dei rifiuti generati, individuando la soluzione in processi di riciclo dagli effetti indesiderati (perdita di qualità materiale, dispendio di energia, emissioni nocive) e dall'efficacia limitata di fronte a un volume di produzione in continuo aumento, che non può essere assorbito esclusivamente da questi processi. Nonostante l'andamento iterativo dell'economia circolare sia condiviso da altri modelli economici, questi ultimi richiedono un completo cambio di paradigma del sistema produttivo per poter essere pienamente funzionali, poiché non contemplano la produzione di scarti. Al contrario, le strategie circolari prendono avvio dalla gestione degli *stock* prodotti dall'economia lineare.
In prospettiva metabolica, le aree urbane si dimostrano quelle in cui le dinamiche di input e output di materia assumono proporzioni maggiori. Costruito e infrastrutture determinano una continua richiesta di risorse materiali per la loro trasformazione in capitale artificiale, che, una volta giunto a fine vita, viene – secondo le ipotesi più ottimistiche – riciclato. Tale accumulazione di risorse rappresenta un ambito in cui l'attivazione di processi circolari permetterebbe notevoli benefici sotto il profilo della sostenibilità.
Il settore edilizio costituisce uno dei principali responsabili di queste dinamiche, in termini di consumi energetici e di emissioni prodotte, non solo nella fase d'uso delle costruzioni, ma in tutte le attività connesse all'approvvigionamento di prodotti e materiali, al loro trasporto e alla gestione del fine vita del costruito. In questo senso, il patrimonio edilizio contemporaneo è costituito da prodotti e componenti che rappresentano delle risorse secondo una accezione non solo "prettamente materiale". L'apporto di energia e di tecnica impiegato per convertire le materie prime in elementi da costruzione permette di individuare in questi artefatti un valore *incorporato*, la conservazione del quale viene massimizzata nel momento in cui essi sono preservati una volta che l'edificio giunge a fine vita.
In tale quadro è determinante il ruolo assunto dal progettista, quale responsabile delle risorse impiegate (o dissipate) per un edificio nel corso di tutto il ciclo di vita dello stesso. Nonostante l'obsolescenza di un fabbricato sia condizione inevitabile, nonché subordinata alle logiche di mercato, essa rappresenta l'occasione di mantenere in circolazione gli elementi di cui l'edificio è composto, evitando il prelievo di ulteriori risorse naturali e minimizzando i rifiuti.
Recuperare i prodotti e componenti stoccati nelle miniere urbane, preservandone l'integrità e trovando per loro una "seconda vita" attraverso il reimpiego, rappresenta dunque una strategia fruttuosa per la gestione efficiente del costruito esistente.

1.5. Bibliografia di capitolo

Abramson D.M., 2016. Obsolescence: an architectural history. Chicago; London: The University of Chicago Press

Altamura P., 2015. Costruire a zero rifiuti: strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia. Milano: FrancoAngeli

Angélil M., Siress C., 2010. Re: Going Around in Circles. Regimes of Waste. In: Ruby A., Ruby I. (eds.), *Re-inventing construction*. Berlin: Ruby Press

Antonini E., Tucci F. (eds.), 2017. Architettura, città e territorio verso la Green Economy: la costruzione di un manifesto della Green Economy per l'architettura e la città del futuro. Milano: Edizioni Ambiente

Augé M., 2004. Rovine e macerie: il senso del tempo. Torino: Bollati Boringhieri

Baudrillard J., 1976. La società dei consumi: i suoi miti e le sue strutture. Bologna: Il Mulino

Bauman Z., 1992. Modernità liquida. Bari: Laterza

Bauman Z., 2007. Vite di scarto. Roma: Laterza

Benjamin D., 2017. Embodied Energy and Design. In: id. (ed.), *Embodied Energy and Design: Making Architecture between metrics and narratives*. New York: Columbia University GSAPP/ Lars Müller Publishers

Boulding K.E., 1966. The Economics of the Coming Spaceship Earth. In: Jarrett H. (ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy, Essays from the sixth RFF Forum*, pp. 3-14. Baltimore, London: The John Hopkins Press (new edition: Washington, London: Earthscan 2011)

Buckminster Fuller R., 1969. Operating Manual For Spaceship Earth. doi: 10.9774/gleaf.978-1-907643-44-6_7 [10.2019]

Cairns S., Jacobs J.M., 2014. Buildings Must Die: A perverse view of architecture. Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press

Carson R., 1964. Silent Spring. Greenwich: Fawcett Crest Books. https://archive.org/details/fp_Silent_Spring-Rachel_Carson-1962 [09.2019]

Chiesa G., 2016. La biomimetica. Definizione, metodi e processi. In: Pagani R. et al. (eds.), *Biomimetica e architettura: come la natura domina la tecnologia*, 37-62. Milano: Angeli.

Commissione Europea, 2015. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, "L'anello mancante - Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare", COM (2015) 614

Commissione Europea, 2019. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, "Il Green Deal europeo", COM (640) 2019

Commoner B., 1972. Il cerchio da chiudere: la natura, l'uomo e la tecnologia [The closing circle: nature, man and technology]. Milano: Garzanti.

Deloitte, 2017. Resource Efficient Use of Mixed Waste: Improving management of construction and demolition waste. Final Report. Prepared for the European Commission, DG ENV. https://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/CDW_Final_Report.pdf [10.2020]

Dijst et a., 2018. Exploring urban metabolism - Towards an interdisciplinary perspective. In: *Resources, Conservation & Recycling* 132, 190 – 203, doi: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.014

ECSO (European Construction Sector Observatory), 2018. Improving energy and resource efficiency: Analytical report. Commissione Europea. https://ec.europa.eu/docsroom/documents/33121 [12.2020]

EMAF (Ellen Mac Arthur Foundation), 2013. Towards the Circular Economy 1. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications

Esteva G., 2010 [1992]. Development. In: Sachs W. (ed.), *The Development Dictionary: A Guide to Knowledge as Power*, 1-23. London and New York: Zed Books.

EU Bulidings Database, 2020. Dati riferiti ai 28 Paesi dell'Unione. https://ec.europa.eu/energy/eu-buildings-database_en [06.2020]

Eurostat, 2018. Share of energy from renewable sources in the EU Member States. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics, (dataset: nrg_ind_ren) [06.2020]

Ferrao P., Fernández J. E., 2013. Sustainable Urban Metabolism. Cambridge: MIT Press.

Ferrari M., 2019. L'equilibrio della natura non esiste. Treccani – Il Tascabile. https://www.iltascabile.

com/scienze/equilibrio-natura/ [11.2020]

Filarete (Antonio Averlino detto il), 2003 [1464?]. Trattato di Architettura. Roma: Biblioteca Italiana. Ed. cartacea a cura di Finoli A.M. e Grassi L., 1972, Milano: Il polifilo. http://ww2.bibliotecaitaliana.it/xtf/view?docId=bibit000307/bibit000307.xml [10.2020]

Gang J., 2010. The Cook, the Prospector, the Nomad and their Architect. Three approaches to building with local resources. In: Ruby A., Ruby I. (eds.), *Re-inventing construction*. Berlin: Ruby Press

Giachetta A., 2004. Architettura e tempo: la variabile della durata nel progetto di architettura. Milano: CLUP

Georgescu-Roegen N., 1971. The Entropy Law and the Economic Process. Cambridge; London: Harvard University Press. https://it.scribd.com/document/267519123/The-Entropy-Law-and-the-Economic-Process-by-Nicholas-Georgescu-Roegen-pdf [06.2020]

Georgescu-Roegen N., 1982 [1976]. Energia e miti economici. Torino: Boringhieri

Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. In: *Journal of Cleaner Production*, 114, pp. 11-32. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.007

Haeckel E., 1892 [1868]. Storia della creazione naturale [*Natürliche Schöpfungsgeschichte*], pp. 13-23. Torino: Unione tipografico-editrice. https://gutenberg.beic.it/ [05.2020]

Hammond G., Jones C., 2008. Inventory of Carbon and Energy (ICE) version 1.6a. Department of Mechanical Engineering, University of Bath

Hammond et al., 2011. Embodied Carbon. The Inventory of Carbon and Energy (ICE). University of Bath, BSRIA, 2011

Hebel D., 2017. Reservoir buildings: toward an idea of abundant pertinence. In: Benjamin D. (ed.), *Embodied Energy and Design: Making Architecture between metrics and narratives*. New York: Columbia University GSAPP/ Lars Müller Publishers

IRP, 2019. Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. A Report of the International Resource Panel, United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.

Kennedy et al., 2007. The Changing Metabolism of Cities. In: *Journal of Industrial Ecology,* 11 (2), 43-59

Latouche S., 2009. Come sopravvivere allo sviluppo: dalla decolonizzazione dell'immaginario economico alla costruzione di una società alternativa. Torino: Bollati Boringhieri

Latouche S., 2010. La scommessa della decrescita. Milano: Feltrinelli

Latour B., 2020. Production or engendering? https://www.e-flux.com/architecture/accumulation/ [11.2020]

Lemille A., 2019. For a true circular economy, we must redefine waste. World Economic Forum. https://www.weforum.org/agenda/2019/11/build-circular-economy-stop-recycling/ [09.2020]

Lynch K., 1992. Deperire: rifiuti e spreco nella vita di uomini e città. Napoli: Cuen

Manzini E., 1990. Artefatti: Verso una nuova ecologia dell'ambiente artificiale. Milano: Domus Academy

Moroni A., 1978. "Ecologia". In: *Enciclopedia italiana*, XIII, p. 424; App. III, 1, p. 504. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana

Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W., 1972. The limits to growth. New York: Universe Books.

McDonough W., Braungart M., 2002. Cradle to cradle: remaking the way we make things. New York: North Point Press.

Nazioni Unite, 2015. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld [09.2020]

OECD, 2015. Material Resources, Productivity and the Environment. OECD Green Growth Studies. OECD Publishings: Paris. doi: https://dx.doi.org/10.1787/9789264190504-en [06.2020]

OECD, 2018. Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences. OECD Publishing: Paris. doi: https://doi.org/10.1787/9789264307452-en [06.2020]

Packard V., 1980. I persuasori occulti. Torino: Giulio Einaudi Editore

Parrique T. et al., 2019. Decoupling debunked: Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. European Environmental Bureau

Pauli Gunther, 2014. Blue Economy. 10 anni. 100 innovazioni. 100 milioni di posti di lavoro. Milano: Edizioni Ambiente

Raiteri R., 2004. Introduzione. In: Giachetta A., 2004. *Architettura e tempo: la variabile della durata nel progetto di architettura*. Milano: Libreria CLUP

Rau T e Oberhuber S., 2019. Material Matters. L'importanza della materia: un'alternativa al sovrasfruttamento. Milano: Edizioni Ambiente.

Reike D., Vermeulen W.J.V., Witijes S., 2018. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. In: *Resources, Conservation & Recycling* 135, pp. 246–264

Rogers R., Gumuchdjian P. (ed.), 1997. Città per un piccolo pianeta. Roma: E.R.I. d'A (Edizioni rivista italiana d'architettura)

Ronchi E., 2018. La transizione alla green economy. Milano: Edizioni Ambiente

Ruby I., Ruby A., 2010. Towards a Gay Science of Construction. In: Ruby A., Ruby I. (eds.), *Re-inventing construction*. Berlin: Ruby Press

Sachs W., 2010. One world. In: id. (ed.), *The Development Dictionary: A Guide to Knowledge as Power*, 111-126. London and New York: Zed Books.

Scalbert I., 6a Architects, 2013. Never Modern. Never modern. Zürich: Park Books

Schumacher E.F., 1980. Piccolo è bello: uno studio di economia come se la gente contasse qualcosa. Milano: Mondadori

Serres M., 1991. Il contratto naturale. Milano: Feltrinelli

Settis S., 2018. Necessità delle rovine. In: Alterazioni Video e Fosbury Architecture, *Incompiuto: la nascita di uno stile = the birth of a style*. Milano: Humboldt Books, pp.74-77

Slavid R., 2005. Wood Architecture. London: Laurence King Publishing.

Stahel W., 1982. The Product-life factor. In: Orr S. G. (ed.), *An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: the role of the private sector (Papers of the 1982 Mitchell Prize winners)*. Houston: HARC (Houston Area Research Center)

Stahel W., 2010. The performance economy. London: Palgrave Macmillan.

Stahel W., 2013. Policy for material efficiency – sustainable taxation as a departure from the throwaway society, *Philosophical Transaction of the Royal Society,* A 371: 20110567. Published by the Royal Society. http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2011.0567

Stahel W., 2019. The circular economy: a user's guide. New York: Routledge

World Commission on Environment and Development, 1987. Our common future. Report. https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wced [09.2020]

2. Il riuso di elementi edilizi in architettura come veicolo di contenuti

> *La materia è fatica: fatica per trasformarla, fatica per trasportarla (…) Per millenni l'uomo ha lavorato gli stessi, pochi materiali: in pratica fino alla rivoluzione industriale l'ambiente artificiale era fatto di legno, di pietra, di argilla, di pelli, di fibre naturali e, in modo assai più limitato, di qualche metallo. Contemporaneamente, le forme che a fatica egli estraeva da questa materia si sono evolute, ma anche questa evoluzione, salvo momenti particolari, è stata lenta, quasi impercettibile da una generazione all'altra. La ripetizione dell'esperienza, l'accumulo di memoria soggettiva e di gruppo hanno poi prodotto una semantica dei materiali e delle forme: la materia ha iniziato a parlare del mondo fisico e naturale che contribuiva a costruire e che in passato aveva costruito (Manzini, 1990).*

2.1. "ri-", tra iterazione e rimando all'anteriorità: terminologia

2.1.1. Strategie di riappropriazione

riùsare v. tr. [comp. di ri- e usare] (io rïùso, ecc.). – Usare, adoperare di nuovo, una seconda o un'ulteriore volta (Dizionario Treccani, 2020).

In ambito architettonico, il termine *riuso* denota una molteplicità di impieghi. Tutte le sfumature che il termine acquisisce conservano, in modo evidente, lo stretto legame con il prefisso re- (o ri-), caratterizzato da un duplice valore. Esso può possedere significato iterativo ed esprimere quindi la ripetizione del verbo che segue nella composizione della parola, ma è impiegato di frequente anche per indicare il ritorno a una fase anteriore, dopo il compiersi di un'azione opposta a quella indicata dal verbo semplice[1]. Ci sono due espressioni verbali che presentano i medesimi contenuti semantici di *ri-usare*, nonostante la sinonimia assoluta non sia un caso possibile nella lingua italiana. Il primo è *re-impiegare*, ovvero impiegare di nuovo, il secondo *ri-utilizzare*, "utilizzare nuovamente, cioè far servire a nuovo uso, uguale o diverso da quello precedente, un oggetto o materiale che sia già stato adoperato e abbia perciò compiuto la sua funzione"[2]. Quest'ultimo termine, in modo più evidente dei precedenti, si riferisce in modo specifico al riuso di una *cosa*, uno strumento o un oggetto che possiede *funzione* e, dunque, utilità e finalità.

1 - http://www.treccani.it/vocabolario/re/; http://www.treccani.it/vocabolario/ri/ [06.2020].

2 - http://www.treccani.it/vocabolario/riutilizzare [06.2020].

Il riuso (o reimpiego, o riutilizzo[3]) consiste dunque nell'azione di "ripetere l'uso" di "qualcosa" oppure di "usarlo di nuovo" – sottintendendo, nel secondo caso, che l'utilizzo non abbia avuto luogo per un breve o prolungato lasso di tempo. Il nuovo, secondo uso, può essere conforme alla funzione precedentemente assolta, oppure può divergere dalla stessa.
Nella sfera dell'architettura, può essere individuata una sottile distinzione nell'utilizzo di tali espressioni negli ambiti di applicazione che due di essi, con il tempo, hanno gradualmente fatto propri. Tale differenza si sostanzia sia per scala che, secondo la lettura più comune, per una propensione a interessare periodi storici ben determinati, di seguito illustrati. Il termine riuso viene utilizzato per descrivere le circostanze nelle quali a un edificio precedentemente dotato di funzione specifica, se non costruito proprio per adempiere alla stessa, viene attribuita nuova finalità. Questo vocabolo, la cui valenza semantica esprime dunque un processo di riappropriazione del costruito, è stato progressivamente esteso anche alle trasformazioni temporanee dei luoghi e degli spazi abbandonati – in dis-uso – nei quali viene ravvisato un valore e che proprio per tale ragione divengono oggetto di installazioni o sede di attività transitorie. Il termine reimpiego, al contrario, viene solitamente riferito al riuso di elementi architettonici realizzati in un periodo antecedente, per lo più in età antica, "in un contesto nuovo, analogo o differente, ovvero in un nuovo ordine funzionale" (Esch, 1998). Tale fenomeno, riscontrabile in ogni genere di arte, interessa un vasto ambito applicativo e assume delle forme e delle attuazioni caratterizzate da una consapevolezza diversificata, la quale va dal semplice sfruttamento di materiale già a disposizione a dei precisi intenti reinterpretativi. Esulando dal perimetro strettamente architettonico, appare interessante osservare come i riferimenti a utilità e funzione propri del termine reimpiego ne consentano anche una accezione di tipo economico. Esso definisce infatti, nella sua forma plurale, "la parte dei beni e servizi prodotti in un dato periodo che viene reimpiegata nel processo produttivo, in sostituzione dei beni e servizi consumati nella produzione del periodo suddetto"[4] descrivendo una sorta di processo circolare applicato a un surplus di stock.
Esaminando in dettaglio le accezioni sopra descritte che i due termini, riuso e reimpiego, assumono, è possibile individuare come essi muovano a partire dalle medesime premesse e secondo le stesse logiche di *utilità* – e *valore* – applicandole in contesti differenti.

Riuso.
Azione operata su un edificio di epoca precedente, questo processo, relativo alle modifiche o alle attribuzioni di destinazione d'uso del costruito, ha luogo nel momento in cui in quest'ultimo viene identificato un *valore di risorsa* (Di Battista et al., 1995). Tale valore, che ne giustifica la volontà di preservazione, deve assumere maggior rilevanza del valore simbolico che viene analogamente individuato nel fabbricato, poiché in caso contrario la conservazione di quest'ultimo si esplicherebbe attraverso delle forme di più rigida tutela. I processi di riuso non possono prescindere da una approfondita conoscenza dell'organismo edilizio nelle sue componenti ambientale e tecnica, poiché il loro scopo è garantire un adeguato equilibrio tra la flessibilità di cui il manufatto dispone nel rispondere alle nuove esigenze e la continuità che a esso va garantita, nel rispetto del valore

3 - nella presente tesi i tre verbi e i relativi sostantivi vengono impiegati come sinonimi – in virtù delle sottili sfumature semantiche

4 - http://www.treccani.it/vocabolario/reimpiego [06.2020].

simbolico già menzionato. Nella storia, gli organismi edilizi sono spesso stati soggetti a un continuo processo di riuso poiché alla variazione delle esigenze di fruizione da parte dell'utenza corrispondeva una modifica dei rapporti con i luoghi (Pinto, 1995). Questo processo si arresta quasi completamente con l'avvento dell'epoca industriale, che vede le aree urbane di soggette a interventi di "risanamento" grazie alla maggiore entità di risorse disponibili e dei conseguenti maggiori investimenti possibili (Di Battista et al., 1995). Il riuso viene attuato solamente nel momento in cui è possibile individuare un grado di compatibilità soddisfacente tra le prestazioni offerte dall'edificio e i requisiti richiesti dalla nuova funzione da integrarvi. Ciò significa che lo stato di obsolescenza o di abbandono, determinato dalla dismissione della funzione precedente e nel quale il fabbricato versa, è reversibile. Il processo viene a volte definito *riuso adattivo* [*adaptive reuse*], facendo riferimento al fatto che l'organismo edilizio, seppur richiedendo considerevoli trasformazioni per poter accogliere la nuova funzione, possieda una flessibilità sufficiente da consentire il suo adattamento. Il concetto di riuso è spesso assimilato a quelli di *recupero* o *riqualificazione*, azioni legate tuttavia, dal punto di vista semantico, la prima al mantenimento della funzione che il manufatto rivestiva in precedenza, mentre la seconda al ripristino di requisiti dei quali l'edificio risulta deficitario (Imperadori, 2001). Applicato agli interventi a scala urbana, per lo più legati a spazi o infrastrutture di destinazione pubblica, il riuso prende spesso il nome di *rigenerazione*. Questo ultimo termine, dagli evidenti connotati biologici[5], mette in luce la volontà di queste trasformazioni di agire sul vero e proprio *tessuto* urbano, ovvero implicando dei miglioramenti sul *tessuto* socio-economico corrispondente. A scala di prodotto, invece, il vocabolo "rigenerazione" corrisponde, a grandi linee, all'inglese *remanufacturing* ed è un processo, tra quelli circolari, impiegato per estendere la vita utile dei beni attraverso la sostituzione delle parti o componenti non più funzionanti con elementi nuovi (Reike et al., 2018).

Reimpiego.
Si riconosce in questo frangente, come nel riuso, una strategia mirata a ri-proporre il valore intrinseco ri-conosciuto, attraverso un processo che conferisca una utilità. Essa è, tuttavia, applicata non all'intero edificio, bensì agli elementi che concorrono alla sua costruzione: i prodotti e i componenti. In tal senso è dunque ben distinta da una operazione di riciclo – che identifica il reimpiego di materiali da costruzione, previa "qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i materiali di rifiuto sono ritrattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini" (Parlamento Europeo, 2008) – nonostante anche quest'ultima sia presente in architettura sin dall'età antica. Il reimpiego, al contrario, si attua su un elemento nella sua – maggior possibile – integrità, sulla base della *prestazione residua*[6] che esso ancora possiede

5 - "Il riprodursi, in un organismo animale o vegetale, di parti, organi, tessuti traumatizzati o perduti, sperimentalmente o accidentalmente" (Enciclopedia Treccani) http://www.treccani.it/enciclopedia/rigenerazione [06.2020].

6 - "La prestazione residua di un componente edilizio che ha già subito uno (o più) cicli di impiego può essere definita come il livello di servizio non pregiudicato dall'uso precedente né dall'operazione di dismissione, che il componente dismesso è ancora in grado di offrire. Un criterio simile include implicitamente la nozione di 'attitudine al reimpiego', ma non la rende decisiva per la valutazione preliminare, consentendo così di procedere in due tempi: prima, indagando quali e quante prestazioni sono state 'perdute' dal componente rispetto ad una sua presunta integrità originaria e, poi, determinando a quali impieghi il componente dotato di tale prestazione residua può essere assoggettato: l'impiego originario, in

per soddisfare i requisiti richiesti dalla nuova funzione, analoga a quella già rivestita in precedenza oppure differente. L'aspetto dell'integrità non può essere considerato di seconda importanza anche per quanto concerne l'*integrità formale*, caratteristica che ci permette di riconoscere un elemento architettonico nella sua autonomia. A tal proposito, va detto che la forma di quest'ultimo, in quanto artefatto, è esito di una implicita *continuità*[7] "tra le forme impresse sulla materia dalla natura e quelle che lo sono dall'arte e dall'attività umana in senso esteso ('techné')" (Ghyoot et al., 2018). La necessità di reimpiegare l'elemento nella sua interezza deriva, conseguentemente, da considerazioni sia di tipo funzionale che inerenti alla comprensione semantica dell'elemento, poiché l'attività umana, nel "dare forma", vi conferisce un ulteriore livello di informazione. Premessa fondamentale delle operazioni che prevedono il reimpiego di elementi edilizi è la loro elevata *durabilità*, ovvero la capacità di resistere a lungo nel tempo (svolgendo un determinato ruolo, dunque soddisfacendo determinati requisiti e garantendo le necessarie prestazioni). Una maggiore durabilità permette, infatti, non solo una fase di esercizio più lunga nel corso della "prima vita" dell'elemento, ma una possibilità più elevata che questo conservi la propria utilità – indipendentemente dallo scopo futuro – a seguito della sua dismissione. L'atto del reimpiegare viene definito dalla normativa corrente come "qualsiasi operazione attraverso la quale prodotti o componenti che non sono rifiuti sono reimpiegati per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti" (Parlamento Europeo, 2008), limitando dunque il raggio d'azione di questo processo al mantenimento della funzione precedente[8]. Da questa definizione emerge – come sarà approfondito nel paragrafo 3.3 – come in ambito architettonico contemporaneo il reimpiego sia considerato un processo afferente alla gestione dei rifiuti da C&D. Ciò non toglie, tuttavia, che il suo campo di applicazione riguardi sia la *costruzione* che la *demolizione* e che non possa essere applicato solo a elementi giunti a fine della (prima) vita utile. Quale strategia mirata a *prevenire* la produzione di rifiuti, infatti, essa può essere integrata sin dalla fase progettuale di una nuova costruzione per la quale siano previsti la futura decostruzione e il reimpiego degli elementi ancora funzionali.
Da questa breve disamina relativa alle differenze semantiche e di utilizzo dei vocaboli *riuso* e *reimpiego* emerge come, applicati convenzionalmente ad ambiti diversi della sfera architettonica, essi attuino il medesimo approccio a due scale differenti. Questi processi, strategie che permettono la riappropriazione di un bene finalizzata a uno scopo preciso, si fondano su due concetti principali. Il primo è quello di *risorsa*: è necessario individuare un valore di risorsa nell'edificio, o elemento, perché vi sia una motivazione a riutilizzarlo. Nel caso dell'edificio, esso richiede una preservazione dettata dal fatto che vi si riconosce anche un valore simbolico, tuttavia meno rilevante del primo, poiché in caso contrario il processo di riuso diverrebbe un processo di conservazione. Nel caso dell'elemento, poiché il valore semantico e informativo risiede nella possibilità che esso sia leggibile nella sua interezza, la preservazione dell'integrità è determinata sia dal fattore

una nuova configurazione, oppure un impiego di minore severità" (E. Antonini, "Valutazione dell'idoneità al reimpiego di componenti edilizi", in: Riciclare in architettura, a cura di V. Gangemi, 2004, pp. 115-121).

7 - Tale continuità riguarda esclusivamente l'aspetto formale, percettivo e informativo, e non ha relazione con il tema della "continuità dell'antico", dalle implicazioni culturali, trattata nel paragrafo 2.2.

8 - più precisamente, nella traduzione italiana della normativa europea viene impiegato il termine "riutilizzo", mentre "*re-use*" è il vocabolo rintracciabile nella versione in lingua inglese. Il riferimento alla possibile applicazione del reimpiego a prodotti, ma non a rifiuti, e la limitazione in termini di funzione saranno approfonditi nella trattazione della cornice normativa, svolta all'interno del paragrafo 3.3.

funzionale che dal fattore formale. Il secondo concetto fondamentale è quello di *equilibrio tra esigenze e prestazioni residue*, le prime richieste dalla nuova (o rinnovata) funzione, le seconde necessariamente garantite dall'organismo edilizio o dall'elemento.

2.1.2. Definire il "valore di risorsa" nell'economia circolare

I processi di riuso sono considerati una delle strategie più convenienti all'interno dell'economia circolare (Reike et al., 2018; Stahel, 2019). La concettualizzazione di quest'ultima, approfondita nel corso degli ultimi due decenni, ha visto l'annessione di numerosi processi a quelli inclusi nella consolidata formula delle 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) o 4R (*Reduce, Reuse, Recycle, Recover*) tale da permettere la formulazione di una cornice a 10R (Kirchherr et al., 2017).
Per valutare il grado di effettiva convenienza delle pratiche di riuso in questo più ampio scenario, appare necessario determinare come nel settore edilizio queste si collochino rispetto agli altri processi circolari descritti. Tale analisi va condotta con una particolare attenzione alla posizione che il reimpiego assume rispetto al riciclo, quale processo attualmente più diffuso per la gestione dei rifiuti da C&D (Giorgi et al., 2017), al fine di verificare se il secondo comporti inferiori benefici anche all'interno di questo quadro più complesso. In parallelo a questa indagine, la relazione tra riuso e riciclo viene filtrata introducendo una terminologia di recente nascita nella sfera dell'architettura e del design, esemplificativa della maggiore attenzione che caratterizza l'approccio contemporaneo delle discipline del progetto in termini di esternalità ambientali. Questo approfondimento pone a confronto il concetto di *downcycling* con quelli di *upcycling* e *superuse*, identificando come, negli ultimi due, sia il riconoscimento di un valore di risorsa negli elementi edilizi di scarto a indurre i progettisti ad adottare tali strategie.
Come menzionato, le strategie di reimpiego possono essere considerate sia quali strumenti che agiscono per *prevenire* la produzione dei rifiuti, sia come mezzo di gestione degli stessi e, dunque, volto a *ridurre* i rifiuti una volta generati[9].
In architettura, l'adozione di un approccio preventivo consiste nel considerare sin dalla fase progettuale il tema della gestione del fine vita dell'edificio e delle parti che lo compongono. Attraverso la scelta di sistemi costruttivi che prevedono il futuro disassemblaggio degli elementi, nonché grazie all'estesa durabilità di questi ultimi, è facilitato il successivo reimpiego dei prodotti e componenti utilizzati. Tali strategie, comunemente ricondotte al *Design for Disassembly* (DfD)[10], permettono di intensificare l'uso di un prodotto nel corso della sua vita utile. Questo approccio ricade, all'interno della gerarchia delle 10R riportata in figura 2.1, nella casistica "R1" del *rethinking* – identificata come *reduce* secondo Reike et al (2018).
Al contrario, le strategie progettuali volte alla riduzione applicano i processi di riuso all'interno della sfera dei rifiuti da C&D. L'attitudine al reimpiego che questi ultimi offrono è fortemente condizionata dalle caratteristiche costruttive degli edifici cui appartenevano. Nel caso di ristrutturazioni, manutenzioni o demolizioni a noi contemporanee, ci si trova infatti spesso in presenza di fabbricati che non sono stati progettati prevedendo il riutilizzo degli elementi impiegati a fine vita dell'edificio. Ciò è dovuto al fatto che le tecniche costruttive a umido, tradizionalmente adottate nella maggior parte delle costruzioni in area italiana

9 - Si rimanda, per la specifica trattazione della cornice normativa, al paragrafo 3.3, nel quale sarà evidenziata la differenza tra i concetti di "preparazione al riutilizzo" e "riutilizzo", nonché la rispettiva applicazione agli elementi edilizi quali prodotti, nel primo caso, e rifiuti, nel secondo.
10 - Si veda il paragrafo 5.1.

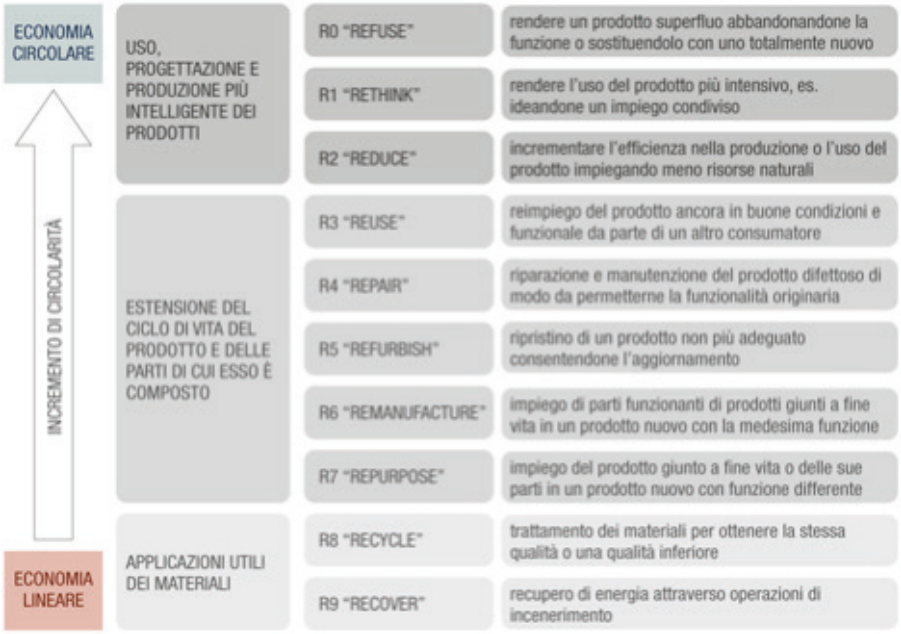


Fig. 2.1. La "10R framework" individuata attraverso l'analisi di 114 paper incentrati sull'Economia Circolare (Kirchherr et al., 2017)

ed europea, comportano delle difficoltà nel separare gli elementi impiegati per realizzare le parti strutturali e le stratigrafie. Questo si riflette in un considerevole contributo della frazione inerte[11], considerata in peso, al totale dei rifiuti prodotti. Esulando dalle difficoltà riscontrabili nel recuperare elementi edilizi dal costruito esistente, esaminate nei capitoli successivi, si può affermare che un prodotto o un componente integro, ottenuto dalle attività di C&D, vede estesa la propria vita utile. Questa circostanza può essere inquadrata, in relazione al *framework* dei processi circolari considerato, all'interno della casistica del (appunto) *reuse* ("R3"). Va tuttavia specificato che molto difficilmente un elemento può essere avviato al riuso diretto, dato che nel più dei casi necessita di operazioni di pulitura, smontaggio, adattamento o sostituzione di alcune parti, processi qualificabili come *repair, refurbish* o *remanufacture* ("R4", "R5" ed "R6").

Questa analisi contestualizza il reimpiego nel quadro della formulazione più recente dei processi circolari, definendolo, che sia esso strumento di prevenzione o di riduzione, che sia diretto o indiretto, quale strategia che permette una elevata conservazione del valore dei prodotti nel tempo, preservando, il più possibile, la loro integrità. Tale punto di vista "rimanda all'idea che le risorse portino con loro un valore[12] intrinseco", che significa "nel caso dei prodotti finiti, mantenere il loro stato o riutilizzarli con il minimo [possibile] di entropia per riuscire a dar loro vite successive" (Reike et al., 2018). È quindi possibile determinare come i processi di riutilizzo, indipendentemente dal grado di riparazione di volta in volta richiesto prima della nuova messa in opera, presentino comunque una maggior efficacia di quelli di riciclo anche in una cornice più ampia di quella delle "3R".

11 - Ne è un esempio il campione di edifici esaminati in una valutazione LCA condotta dal Politecnico di Milano (Paleari e Campioli, 2015), relativa alla demolizione di 51 fabbricati ubicati nei pressi dell'aeroporto di Malpensa e risalenti a varie epoche di costruzione. Lo studio ha rilevato come la demolizione delle costruzioni (realizzate in tre fasi storiche principali di cui la prima risale al XVI secolo, la seconda al Secondo dopoguerra e la terza agli anni Ottanta del Novecento) ha restituito una frazione inerte pari al 97% circa del peso totale dei rifiuti da C&D (una componente che assume minor incidenza, 70% circa, solamente nel caso degli edifici risalenti agli anni Cinquanta-Sessanta).

12 - Come sottolineano Reike et al. (2018), questo valore proprio dei prodotti va considerato in prospettiva della sostenibilità e si pone dunque in contrasto con la nozione di valore economico.

Tale punto di vista è condiviso anche da Stahel (2019), il quale propone a tal proposito un modello che permette di integrare queste due strategie in un'ottica di massimizzazione della gestione efficiente delle risorse materiali.
Questo può avvenire, secondo l'autore, all'interno della *Circular Industrial Economy*, che permetterebbe di attivare dei processi di riciclo, esito dell'economia lineare, solo nei casi in cui quelli di reimpiego o di altri *loop* più virtuosi non siano attuabili (fig. 2.2).
Tale modello andrebbe a prediligere i processi che risultano più vantaggiosi in termini ambientali e permettono benefici maggiori sia a livello ecologico che in termini di ricadute in ambito sociale ed economico, come illustrato al paragrafo 1.2. In tal modo sarebbe infatti possibile preservare la maggior parte delle risorse incorporate nei prodotti e minimizzare la produzione dei rifiuti, favorendo inoltre il mercato locale. In questo scenario, le strategie lineari entrerebbero in gioco nel caso in cui un prodotto fosse troppo deteriorato anche per essere sottoposto a ricondizionamento e la gestione dello stesso, divenuto rifiuto, avverrebbe attraverso processi di riciclaggio. Non ci si riferisce tuttavia a operazioni di tipo convenzionale. Ciò sarebbe possibile, infatti, ricavando dal riciclo quelle che Stahel definisce come "nuove materie prime"[13]: elementi chimici, molecole e atomi, ottenuti grazie a una rigida divisione in frazioni pure e perfettamente omogenee. L'attuazione di processi di tale efficienza permetterebbe così di conservare il valore e la purezza degli stock, i quali sarebbero successivamente (ri)utilizzati per la produzione di beni caratterizzati da una elevata propensione alla circolarità. Questa finalità non è propria delle tecniche di riciclo odierne, la cui applicazione riduce la qualità del materiale esito del processo, riflettendo, in tal modo, un pregiudizio culturale che considera i prodotti come rifiuti sin dalla fine della loro vita utile e ne determina in molti casi un avvio allo smaltimento al fine di minimizzare i costi. La ragione per cui i processi di riciclo sono ancora comunemente considerati una soluzione efficiente in termini ambientali è dovuta al fatto che

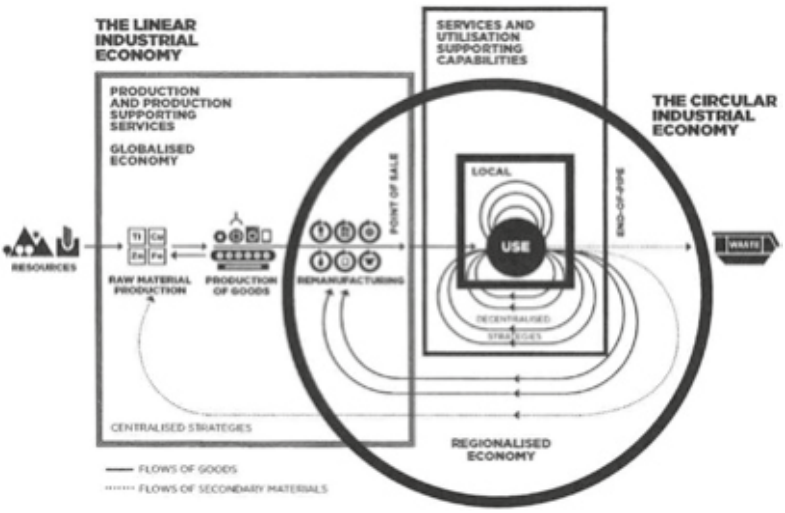


Fig. 2.2. La potenziale complementarietà di economia industriale lineare ed economia circolare (Stahel, 2019)

> "mantenere il valore economico e di risorsa dei materiali non è ancora percepita come una priorità. Eppure, l'estrazione di risorse materiali costa denaro e crea danni ambientali; la prevenzione dei rifiuti al contrario fa risparmiare denaro e protegge l'ambiente" (Stahel, 2019).

Da considerazioni di questo genere deriva l'impiego del termine *downcycling*[14],

13 - Si tratterebbe dunque di sostanze di maggior valore rispetto alle Materie Prime Seconde, per la produzione delle quali non viene eseguita una cernita così accurata.

14 - la cui prima leggendaria apparizione risale a un'intervista di Thorton Kay (Salvo UK) a Reiner Pilz, consultabile in: *Salvo Monthly*, 23/1994, https://www.salvoweb.com/files/sn99sm24y94tk181119.pdf

attualmente utilizzato al fine di porre l'accento sugli aspetti poco soddisfacenti, in termini ambientali, del riciclaggio. A questi procedimenti, il cui esito non è sufficientemente valido sotto il profilo qualitativo e prestazionale da giustificare gli input di energia e di materie prime necessari per la loro attuazione, vengono contrapposte le pratiche di *upcycling* (Altamura, 2015). Fine dell'*upcycling* è quello di garantire che il materiale processato conservi quanto più possibile le proprie caratteristiche, al contrario di quanto avviene nei processi di riciclo. Tale circostanza permette infatti di preservare il valore di risorsa incorporato nella materia e, al tempo stesso, di ampliare lo spettro delle successive applicazioni possibili, andando di conseguenza a preservarne anche il valore economico[15]. Le pratiche di *upcycling* richiedono un approccio progettuale attivo e aperto alle potenzialità non sperimentate in precedenza, o non impiegate tradizionalmente, che il materiale suggerisce. Questo atteggiamento è il medesimo alla base del *superuse*, processo di recupero innovativo applicato agli oggetti considerati di scarto, il quale si propone dunque come alternativa più conveniente del riciclo sotto il profilo ambientale e dal punto di vista dell'economia circolare. L'ambito di applicazione delle pratiche di *superuse* ricade infatti all'interno di quello del reimpiego, ma coinvolge esclusivamente i prodotti e componenti che vengono riutilizzati per una funzione differente da quella rivestita in precedenza. La concettualizzazione del concetto di *superuse* è avvenuta da parte di un gruppo di professionisti olandesi, attivi come Superuse Studio (ex-2012 Architekten). Essi lo distinguono dal semplice riuso, definendolo, "piuttosto un modo di creare architettura intercettando i flussi di prodotti ed elementi tra lo stadio in cui possiedono il massimo valore aggiunto e quello in cui il loro valore è invece dissolto (…) al fine di da poterlo ricreare da capo" (van Hinte et al., 2007).
Si tratta di un processo fondato su di un approccio progettuale creativo, che opera la ricerca e la selezione di prodotti di scarto individuandovi delle potenzialità che ne permettono un utilizzo inedito, spesso inserito in un contesto differente (fig. 2.3). Tale processo va così ad accrescere il valore aggiunto dell'oggetto in sé, anche per via della capacità progettuale di trovarvi un impiego creativo (Altamura e Baiani, 2018). Ciò presuppone che negli elementi sia riconosciuto un doppio valore: non solo quello di risorsa materiale pre-formata da parte dell'azione progettuale e fisica dell'uomo sulla materia, ma anche la capacità di poter svolgere funzioni differenti proprio grazie a queste sue specificità, donategli inizialmente

[07.2020].

15 - L'effettivo beneficio ambientale dettato da un processo di *upcycling* rispetto a uno convenzionale di riciclo è in realtà, come evidenzia Cullen (2017), opinabile. Infatti una lavorazione di materiale comporta inevitabilmente un aumento di entropia, dovuto alle azioni compiute sullo stesso, nonché richiede un input di energia per compierle. Dunque "l'upcycling di materiale, in senso termodinamico, è possibile solamente se viene aggiunta una quantità maggiore di energia per incrementare la qualità materiale". Va anche sottolineato come non esista una definizione univoca di *upcycling*, concetto che in lingua inglese sembra essere comunemente associato ai prodotti piuttosto che ai materiali, in particolar modo nell'ambito del *Do It Yourself* (DYI). Ciò è riscontrabile sia nel dizionario Cambridge, ove l'*upcycling* è definite come "*the activity of making new furniture, objects, etc. out of old or used things or waste material*" (https://dictionary.cambridge.org/it/dizionario/inglese/upcycling) che nel Collins, "*If you upcycle something such as an old item of furniture, you repair, decorate, or change it so that it can be used again as something more fashionable or valuable*" (https://www.collinsdictionary.com/it/dizionario/inglese/upcycle) [07.2020]. Si è scelto di impiegare in questa tesi la classificazione delineata da Altamura (2015) che distingue tra *upcycling* e *superuse* in merito all'ambito di applicazione, materiali nel primo caso ed elementi nel secondo, accostando queste pratiche per la comune capacità, e volontà, del progettista di trovare usi innovativi per risorse normalmente considerate di scarto, evidenziandone dunque le implicazioni positive in termini di creatività progettuale.

per un altro e preciso scopo.
Lo scenario delineato indica come anche le forme più recenti di interpretazione del riuso, nel quadro delle discipline del progetto, si basino sull'individuazione di un valore di risorsa nei prodotti giunti al fine vita. Ciò non avviene nel caso dei processi di riciclo, i quali riducono la qualità dei materiali e non ne sfruttano appieno le potenzialità. La sottrazione dei prodotti al dominio dei rifiuti o degli scarti per un successivo riuso è strettamente connessa alla loro utilità futura, secondo un approccio "basato su una forma di buonsenso, una buona dose di previdenza e un implicito principio di gestione ragionata delle risorse" (Ghyoot et al., 2018). Si tratta, tuttavia, di un punto di vista che considera i beni non solo in quanto risorsa materiale, ma anche quale esito della tecnica operata da parte dell'uomo, che imprime alla materia le forme desiderate. Sono proprio queste ultime a condizionare la capacità di un prodotto giunto a fine vita di fornire le prestazioni richieste per una nuova funzione. Tale prospettiva richiede l'abilità, da parte del progettista, di individuare in un elemento a disposizione "un nuovo modo di risolvere un problema velocemente ed efficientemente", secondo un approccio che denota "velocità, o economia, e scopo, o utilità" (Jencks e Silver, 2013). Questa interpretazione rivela come la pratica del reimpiego di elementi in architettura non appartenga alla sola sfera della funzionalità, nonostante le forti, apparentemente predominanti, connotazioni pragmatiche e applicative del processo. Richiedendo il riconoscimento delle potenzialità implicite nell'elemento, il riuso necessita una predisposizione aperta alla creatività e alla possibilità di uscire da schemi predeterminati, una capacità di lettura semantica e formale del prodotto e, al tempo stesso, la disponibilità a superarla se desiderato o dettato dalla necessità. In parallelo, i processi di reimpiego non possono esulare dalle necessarie informazioni di tipo tecnico e funzionale, determinate dalle conoscenze e dalle competenze acquisite con l'esperienza e la disponibilità a sperimentare. Come viene approfondito nel paragrafo successivo, infatti, le ragioni riscontrabili alla base di queste pratiche, nonché le implicazioni delle stesse sul costruito, sono molteplici.



Fig. 2.3. Le lame di pale eoliche reimpiegate nelle sedute di REwind @ Willemsplein. Superuse Studio, Rotterdam, 2012 (Dennis Guzzo)

2.2. Le pratiche di reimpiego di elementi architettonici dall'Età antica al Medioevo

2.2.1. Le aree urbane come "tabula scripta"

Tutte le trasformazioni discusse nel paragrafo precedente, siano esse interventi di carattere innovativo o orientati al ripristino di una condizione pregressa, trasformano la trama degli insediamenti umani, solidificando in una precisa forma materiale quello che può essere considerato lo spirito del tempo. In questa prospettiva, ciascuna delle modificazioni che agiscono sulla forma di un luogo va ad arricchire la complessa ed eterogenea stratificazione rappresentativa della memoria storica delle culture che vi ci sono avvicendate.
Il susseguirsi di mutamenti a scala infrastrutturale o urbana genera delle tracce di tipo macroscopico sulla città, assimilabili alle naturali fasi di crescita di un organismo che attraversi stadi differenti, spesso delle vere e proprie fratture leggibili

nella trama edilizia come diverse "giornate" di realizzazione di un affresco medievale.
Queste trasformazioni non sono vincolate a una visione zenitale dell'area urbana, né decifrabili solo nelle geometrie, nelle caratteristiche planimetriche degli spazi aperti, o nell'intreccio tra sedime del costruito e viabilità. Gli esiti di queste modificazioni emergono nelle facciate degli edifici, per mezzo di differenti altezze, forature, decorazioni, materiali, altezze di piano, trattamenti superficiali, colori. In questo modo si generano segni leggibili dalla percezione umana, che può così esperire lo scorrere del tempo anche nelle superfici verticali che compongono le quinte urbane (fig. 2.4).



Fig. 2.4. Logo del "Sarajevo Meeting of Cultures", rappresentazione emblematica di come la stratificazione culturale della città si sia riflessa sulla sua forma urbana (https://smoc.ba/en/)

Vi è poi un secondo tipo di trasformazioni, dal carattere puntuale e diffuso, che restituisce uno sviluppo urbano dai tratti più "naturali" (Di Battista, 2006), trasversale alla dimensione temporale e in grado di registrare gli effetti di quest'ultima. Tali trasformazioni sono rintracciabili nelle variazioni di texture, colore o matericità (Norberg-Schulz, 1979) delle superfici che determinano il luogo urbano, a denuncia del complesso intreccio di progresso tecnico, economico e culturale che si è prodotto nelle varie fasi del passato. Il reimpiego di elementi architettonici fa parte di questa categoria di variazioni: ciò è facilmente riscontrabile in ogni città che vanti radici antiche e, conseguentemente, possieda una complessa stratificazione culturale. In questo senso, queste fortuite "alterazioni" materiali possono essere considerati segni che contribuiscono a comporre una sorta di "*tabula scripta*", un paesaggio urbano che, quanto più invecchia, tanto più continua a riscrivere le proprie memorie (Jencks e Silver, 2013). Nonostante queste tracce possano essere considerate minute al confronto con trasformazioni di più ampia portata, il loro "riemergere" denuncia l'attitudine degli insediamenti umani di saper conservare l'impronta degli stimoli sperimentati e delle reazioni a essi generate (fig. 2.5). Ciò le dota di una forte valenza simbolica: forme materiali della eterogenea trama culturale di un luogo, il loro carattere di permanenza influisce sulla nostra concezione del tempo ed entra a far parte della memoria (Di Battista, 2006), non solo individuale, ma anche collettiva. Questa prospettiva si lega al concetto di cultura materiale, la quale, in ambito architettonico, si riscontra più facilmente nelle testimonianze "minori" piuttosto che in quelle monumentali (Nardi, 1994). Ciò è determinato in larga parte dal suo carattere collettivo e ripetitivo (Bucaille e Pesez, 1978), il quale permette che le sue manifestazioni materiali, "registrate" dagli oggetti concreti, si sedimentino nel tempo e nella memoria umana.

Fig. 2.5. Porta Pretoria, Aosta, 2020 (Elisa Zatta)



Questa prospettiva evidenzia come gli esempi di reimpiego che possiamo riscontrare nelle città, siano essi dichiarati dal riuso degli edifici o dal riuso di elementi architettonici del passato, possiedano un valore dalla duplice valenza. Da un lato, infatti, divengono testimonianza della cultura materiale di un luogo, inteso come ambito di interrelazione tra cultura, economia e tecnica. Dall'altro, la loro presenza, manifestando questi contenuti, interagisce con la percezione che l'uomo ha del tessuto urbano generando un apprendimento, volontario o involontario, di informazioni.
Tale complessità simbolica può apparire un risvolto imprevisto nel momento in cui, a uno sguardo superficiale, le pratiche di riuso appaiano quale soluzione dai caratteri esclusivamente funzionali in risposta a un contesto di scarsità di risorse materiali o economiche. Perché, infatti, ricorrere a un elemento già utilizzato quando è possibile costruirne uno nuovo, se non per necessità ambientali o causate dalla esiguità dei mezzi – economici o di fabbricazione e trasporto? In molte occasioni, l'esercizio millenario di questa pratica ha assunto un carattere spontaneo e quasi involontario, dettato dalla risposta pragmatica a un bisogno. Questo appare evidente anche al giorno d'oggi, se si esaminano i contesti più marginali e poveri in cui gli abitanti fanno tesoro di qualsiasi risorsa per costruire abitazioni e insediamenti. Nasce così una nuova "architettura senza architetti",la quale, con materiali di recupero, reinterpreta inconsapevolmente modalità costruttive propria del passato e racconta come "l'odierno vernacolo ritorna al livello zero della risposta ai bisogni primari". (Magni, 2016). Tuttavia, indagando gli esempi di reimpiego che ricorrono in architettura dall'epoca classica alla contemporaneità, si può comprendere come questa scelta sia stata in altri casi consapevole e motivata da una pluralità di ragioni, molte delle quali esulano dalla sfera funzionale. Non solo: a motivazioni più evidenti dettate dalle qualità formali degli elementi di reimpiego, riutilizzati prevalentemente a scopo decorativo, se ne sommano altre dai rilevanti contenuti ideologici che sottolineano il ruolo dell'architettura quale custode dello scorrere del tempo.
Va tuttavia chiarito un aspetto: il reimpiego di valenza semantica, basando le proprie motivazioni su di una conoscenza un tempo confinata a una cerchia ristretta di eruditi e potenti, è naturalmente diffuso nell'ambito di quella che Nardi (1994) classifica come "architettura monumentale". Quest'ultima, in quanto "propria dell'individualità e dell'avvenimento", non può essere considerata rappresentativa della cultura materiale, che riguarda invece fenomeni di tipo collettivo e ripetuti nel tempo. Ciò nonostante, essa possiede un forte legame di tipo fisico con l'"architettura diffusa", rappresentato dalle tecniche esecutive, che non si dimostrano diverse, nell'uno e nell'altro caso, dal punto di vista strutturale, procedurale o istituzionale.
Questo porta a sostenere che la "architettura diffusa, prodotta dalla cultura materiale, sia da considerare come il terreno nutritizio dell'architettura monumentale" (Nardi, 1994).

2.2.2. Continuità dell'antico (i): pragmatismo e qualità formale

Le città europee, in particolar modo quelle italiane, costituiscono un esempio significativo in merito alla capacità di mostrare nella loro struttura fisica l'esito di una lunga sedimentazione culturale e delle implicazioni socio-culturali di ogni epoca. Ciò è manifesto nel caso di Roma: capitale dell'età antica e in seguito testimone del susseguirsi di innumerevoli vicissitudini politiche e culturali. Gli inquieti confronti con le popolazioni barbariche, il consolidamento del potere temporale della Chiesa, le rinascite artistiche e culturali quali quella rinascimentale e barocca: ogni vicenda del tempo si è riflessa sulla forma e sull'immagine della città, come evocano, mediate da una sensibilità pre-romantica, le vedute piranesiane. La forma più nota di questa sedimentazione è rappresentata dal reimpiego dell'antico, che ha caratterizzato l'architettura della città fino al Rinascimento. Quello degli *spolia* è un fenomeno collocato all'intersezione di diversi ambiti di studio quali archeologia, storia dell'arte e storia dell'architettura. Il termine stesso sta a indicare che il riutilizzo di queste forme materiali "precostituite" necessita di una precedente azione di sottrazione: sin dall'età classica, si sono succedute diverse norme[16] mirate a contrastare i processi di spoglio delle rovine in tutto il bacino del Mediterraneo (Monsù Scolaro, 2017) o, quantomeno, a contenerne l'entità. La tradizione più consolidata compie una lettura del tema per ampie fasi storico-culturali, evidenziandone dei caratteri di regolarità e permanenza, ai quali si affiancano l'imprevedibilità e le varianti proprie dei singoli casi e delle loro particolarità (Esposito, 2008), del contesto cronologico, ambientale e culturale in cui il reimpiego si colloca. La trattazione del fenomeno degli *spolia*, inteso come "continuità dell'antico" (Settis, 1994) appare fondamentale per determinare le radici culturali di quelli che nel tempo e, ancor oggi, sono i processi di riuso di elementi in architettura.

Gli esempi più noti di riutilizzo di elementi costruttivi di età classica rientrino nel campo di quella "architettura monumentale" che, come già discusso, non costituisce espressione propria della cultura materiale di un determinato contesto sociale. Ciò nonostante, alcuni di essi sono analizzati nel presente paragrafo allo scopo di individuare le diverse ragioni alla base della pratica, per restituire così la complessità e l'eterogeneità che questo fenomeno ha assunto nel passato e ancora, in forma diversa, assume nel presente. Tutti i casi esaminati presentano

16 - Arnold Esch (1998) cita le leggi imperiali che proibiscono l'asportazione dei materiali dai templi (oggetto di sottrazioni e vandalismo per via della loro natura pagana nella nuova dimensione imperiale cristiana) a partire dal 356 d.C., divieto che si protrae fino al 399 per l'Impero d'Oriente e fino al 458 in Occidente. Ulteriori restrizioni si susseguono: nel 365 viene sancito "il divieto di asportare da città all'epoca disabitate o danneggiate, a tutto vantaggio di altri centri ancora fiorenti, statue, marmi, colonne e altro materiale" (De Lachenal, 1995), lasciando intuire che queste pratiche fossero inizialmente più diffuse nelle provincie periferiche. Seguono ulteriori leggi atte a impedire il trasferimento di materiale di spoglio, soprattutto se *ornatus*, fra città o regioni differenti a meno che non fosse reimpiegato per edilizia pubblica. Come rileva Monsù Scolaro (2017), la mancanza di un divieto specifico per il riutilizzo di questi elementi decorati all'interno della stessa città sottintende come essi fossero ritenuti "elemento identificativo della città stessa, caratteristico e distintivo dell'arte e della cultura delle differenti province dell'Impero". Roma vede proibito lo smantellamento di antiche costruzioni pubbliche allo scopo di materiale edilizio nel 376. Nel caso di edilizia privata, già in età severiana (193-235) era lecito demolire una *domus* e riutilizzarne il materiale per un edificio pubblico all'interno della stessa area urbana, fermo restando la salvaguardia della pubblica utilità e del pubblico decoro. I provvedimenti di Costantino, in coerenza con il quadro culturale approfondito nel presente paragrafo, negano ai privati il trasferimento dell'*ornatus* in proprietà di campagna, ma permettono esplicitamente "il trasferimento di questi elementi pregiati da una città all'altra tra proprietà della stessa persona" (Liverani, 2004).

una connessione con Roma e la sua storia: spesso perché vi sono collocati, ma si può dimostrare come, anche in caso contrario, la connessione con la capitale dell'Impero sia molto forte in virtù di due ragioni diverse. La prima di queste è la progressiva trasformazione della città in "cava a cielo aperto" di materiale prelevato da costruzioni classiche, che spesso veniva trasportato in regioni lontane, persino oltralpe. La seconda è incarnata dalle forti relazioni simbolico-politiche che gli elementi architettonici provenienti dalla capitale spesso permettevano di instaurare, per continuità o discontinuità: significati che in alcuni contesti appaiono di fondamentale importanza.

Esch (1998) sottolinea come le forme di reimpiego riscontrabili nel passato comprendano un ventaglio molto ampio di casistiche differenti, per scala e per intenzione, individuando quattro motivazioni principali che caratterizzano questa pratica nel campo dell'architettura. La prima ragione è quella del "puro valore materiale" di cui sono dotati i pezzi *già pronti* dei quali è possibile disporre per le nuove costruzioni ed è dettata, dunque, da un atteggiamento pragmatico. A questa si sommano spesso delle motivazioni di "valutazione estetica", che individuano un valore formale nell'elemento di riutilizzo, per la decorazione che presenta o il materiale di cui è composto, e comportano la sua ostentazione intenzionale nella nuova collocazione. Una terza motivazione, che richiede una consapevolezza intenzionale assai maggiore, è quella che "conferisce al reimpiego un significato, una dimensione spirituale", riscontrando nell'oggetto un valore simbolico e fondando su quest'ultimo le ragioni del riutilizzo. Spesso, questa circostanza "permette di riconoscere una strumentalizzazione politica" deliberata ed è dunque caratterizzata da uno scopo ancor più mirato, riscontrabile nel conferire una specifica interpretazione della dimensione simbolica[17]. A questa categorizzazione, che descrive adeguatamente l'ampia casistica del reimpiego riscontrabile dall'età classica sino al Medioevo, è possibile aggiungere una quinta motivazione. Seppur si presenti in forma matura a partire dal Cinquecento, essa era già presente *in nuce* nelle tendenze antiquarie occasionalmente palesate dalla gestione degli *spolia* in epoca medievale: il riconoscimento di un valore alla "patina" dell'elemento di reimpiego, prodromo della nascita del collezionismo.

La prima motivazione, quella detta del "puro valore materiale" è quella che condiziona in larga parte le vicende legate alle già menzionate pratiche di spoglio rintracciabili a Roma dall'età tardoantica, sfociate nel sistematico saccheggio delle costruzioni civili e religiose di età classica. La rilevanza del fenomeno assume, con il passare del tempo, proporzioni sempre maggiori, per diventare un vero e proprio florido commercio, basato sulla possibilità di cavare materiale con scarse restrizioni per ottenere dalla sua vendita sostanziosi ricavi economici. La consapevolezza del valore e dell'importanza degli antichi monumenti cittadini non è sufficiente a garantire che prevalga un interesse conservativo degli stessi e la prospettiva economica ha la meglio per molti secoli, fino all'età rinascimentale. Ciò si può facilmente evincere dall'appello di Raffaello Sanzio e Baldassarre Castiglione nella rinomata *Lettera a Leone X*, nella quale si menziona chiaramente la responsabilità, dei Romani *in primis* e, soprattutto, delle concessioni papali, in

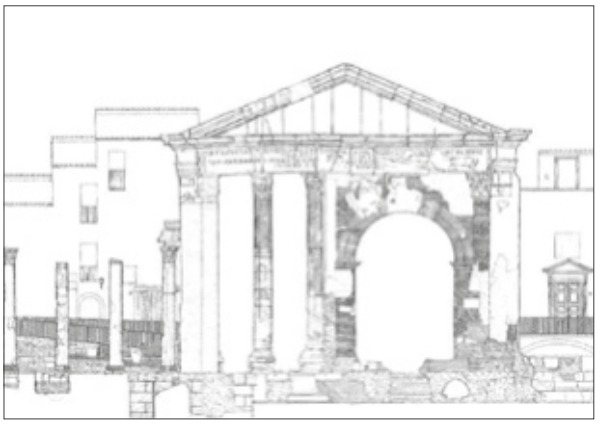
17 - Settis (1994) propone due principali livelli di trasmissione del modello antico in ambito artistico, in base alla misura in cui questa viene percepita, "un livello di consumo [nel quale] lo schema antico è reimpiegato, per tradizione costante, senza alcuna coscienza, ancora, della sua origine classica; un livello di riuso [in cui] lo schema è prelevato direttamente da un modello antico, e pertanto con precisa coscienza della sua derivazione". A questi si affiancano naturalmente dei livelli intermedi.

merito allo spoglio delle rovine della città.
Caso esemplare è rappresentato dal Colosseo. La storia degli innumerevoli esempi di riuso che lo interessano si intreccia, in una fase iniziale, a quella dei molti interventi di restauro che si sono susseguiti, i più cospicui dei quali a partire dal III secolo d.C. Lo studio di questi ultimi ha permesso di verificare come in molti casi il reimpiego coinvolga elementi derivanti dalla struttura stessa, come blocchi di travertino riutilizzati per delle pavimentazioni o elementi marmorei, presumibilmente di rivestimento, frantumati e ridotti a riempimento (Rea R., 1999). Tuttavia, nel momento in cui la struttura cessa di avere funzione ludica, questa tendenza si inverte: il reimpiego passa da *in situ* a *extra-situ*. Lo stato prima di abbandono e, successivamente, di rovina in cui l'edificio progressivamente versa dopo il crollo dell'Impero viene acuito da alcuni importanti eventi sismici avvenuti fra il VI e il VIII secolo. L'Anfiteatro viene così utilizzato come una vera e propria cava, dalla quale viene asportata, nel corso dei secoli, una notevole quantità di materiale, destinata a essere reimpiegata in molte costruzioni della città. Questo comprende il travertino, reimpiegato in blocchi o cotto per trarne calce, i rivestimenti in lastre di marmo, i mattoni e, naturalmente materiali di pregio o valore, tra cui metalli, "fistule, grappe e perni, per il recupero dei quali si smantellano i rivestimenti, compresi gli intonaci" (Rea R., 1999). Questa circostanza si protrae fino al XVII secolo, periodo in cui, grazie all'interesse di Clemente X, sono emanati i primi decreti atti a vincolare l'accesso alla costruzione e le conseguenti asportazioni (Colagrossi, 1913). Nel frattempo, l'Anfiteatro ha "materialmente" contribuito a costruire molti edifici romani, sia pontifici che privati, tra cui Palazzo Venezia, Palazzo Farnese e Palazzo Barberini. In parallelo a questa intensa attività estrattiva si sviluppa, a partire dal VI secolo, un altro fenomeno dai caratteri apparentemente divergenti in merito all'azione sulla materia costruita: quello dell'occupazione degli spazi. Mentre l'acquisizione di *spolia* esplicita una natura sottrattiva, gli interventi propri del secondo caso, nel corso delle – più o meno continuative – fasi di occupazione, non sono mirati a recuperare materiale, bensì a modificare gli spazi esistenti in base alle necessità insediative. In questo senso, il Colosseo condivide la sorte di altre strutture pubbliche di età romana molto celebri, quali il Teatro di Marcello e il Teatro Romano di Arles, ma anche di alcune meno note, come l'Anfiteatro di Lucca[18]. Esso rappresenta quindi un duplice caso di reimpiego, nella storia del quale convivono, in alcuni casi alternandosi, dinamiche differenti: il riuso degli spazi, attraverso l'occupazione attiva, e il riuso degli elementi costruttivi, per mezzo della loro asportazione. Il secondo di questi sembra afferire prevalentemente a motivazioni esclusivamente pragmatiche, siano esse quelle della domanda – che in questi fenomeni individua la possibilità di rintracciare materiale da costruzione a un costo contenuto e vicino al sito di cantiere – o quelle dell'offerta – rappresentate dal ricavo economico ottenuto dalle vendite dei materiali.
Se nel primo caso esaminato il "contributo materiale" di una sola struttura si estende all'intera città e persino oltre il suo perimetro, concorrendo alla realizzazione di diverse opere, altri esempi permettono invece di identificare come un solo edificio raccolga nella sua forma materiale elementi di provenienza diversa. Come sottolineato da Esch (1998), alle ragioni pragmatiche del reimpiego "spesso, in stretta connessione", si associano quelle legate al pregio e alle qualità dei

18 - L'edificio destinato a *ludi* e spettacoli, una volta caduto in disuso, diviene cava di materiale dal quale si attinge per recuperare materiale reimpiegato in altre costruzioni: l'area si caratterizza così come una grande area di scavo, con pozzi e grotte.

componenti. Questi ultimi, proprio in virtù delle loro apprezzate caratteristiche formali, vengono utilizzati nella nuova collocazione senza mantenere la funzione per cui erano stati originariamente sbozzati, rifiniti e decorati. Si attua in questi casi "una sorta di 'tradimento' nei confronti dell'architettura classica (…) dato che risulta perduto, in tal modo, il loro significato originario, strutturale, a tutto vantaggio di un puro e semplice valore estetico, che diventerà d'ora in poi l'elemento più apprezzato e determinante nel recupero dei medesimi" (De Lachenal, 1995).

Caso emblematico in questo senso è quello del portico di Ottavia (figg. 2.6 e 2.7): il complesso, la cui erezione risale all'età Augustea, sorge sul sedime di una costruzione precedente. Nei due secoli successivi vive molteplici rimaneggiamenti dovuti a restauri imperiali, per assumere nel 191 d.C. la configurazione a noi pervenuta, dopo ingenti lavori di età severiana, condotti a seguito di un incendio. Recenti analisi (Bruno e Attanasio, 2008) hanno identificato l'origine di gran parte del materiale presente al giorno d'oggi nei propilei, caratterizzati da un'insolita eterogeneità di componenti, assemblati "con delle soluzioni per così dire 'creative'" (Ciancio Rossetto 2008). Dalle ricerche emerge come gli elementi di spoglio analizzati siano stati reimpiegati con una funzione diversa rispetto alla precedente: tra questi spiccano due rocchi di colonna scanalati, un fregio di architrave e degli elementi di cornice, in alcuni casi ruotati rispetto all'orientamento originale. Questi componenti provengono da costruzioni diverse, forse collocate nelle vicinanze del Portico, anche se non è possibile escludere che derivino in minor parte dalla costruzione stessa, nella fase precedente al rimaneggiamento. Ciò rende del tutto particolare l'approccio adottato nel rifacimento della costruzione, distinguendolo da quello dei cantieri coevi proprio per la scelta del reimpiego di *spolia*. Delle modalità, in base al contesto politico e temporale, "sicuramente non determinate da fattori economici", bensì probabilmente mirate a "ripristinare con sobria eleganza l'edificio" (Bruno e Attanasio, 2008). Tale parere è confermato dal fatto che nonostante "l'estrema disinvoltura delle procedure di tessitura dei blocchi, di assemblaggio di pezzi metrologicamente differenti (...) tale sistema di reimpiego era ben equilibrato, rapportato anche alla funzione svolta dagli elementi architettonici che, quando portanti, erano in blocchi massicci" (Ciancio Rossetto, 2008). Il Portico di Ottavia si presenta dunque, secondo questa prospettiva, come uno dei primi casi in cui il riutilizzo di elementi architettonici fosse intenzionalmente dovuto alle loro qualità estetiche, prima che questo processo si attestasse quale consuetudine.





Figg. 2.6 e 2.7. Prospetto del complesso del Portico di Ottavia (da Ciancio Rossetto, 2008) e dettaglio di uno degli edifici limitrofi ai propilei, Roma, 2018 (Elisa Zatta)

2.2.3. Continuità dell'antico (ii): il valore simbolico degli spolia

Nel caso appena illustrato, la scelta di reimpiegare degli elementi per ragioni di valutazione estetica era dovuto alla natura civile del complesso e dunque all'interesse statale di dare degna rappresentazione della propria importanza.

Allo stesso modo, i privati si interessano al commercio di *spolia* e alla loro sfoggio negli edifici di proprietà per sancire la propria opulenza: questo tipo di pratiche si riscontrano anche in piena età medievale e sono spesso connesse alla temperie politica nel tempo. Questo avviene nella celebre Casa dei Crescenzi (detta anche "di Cola di Rienzo" o "di Pilato"), costruzione aristocratica dal carattere controverso e dalla datazione incerta, collocata fra il XI e il XII secolo. Il "pasticcio di materiali architettonici antichi più o meno riccamente decorati" (De Lachenal, 1995) denota indubbiamente la volontà di inserire nella tessitura muraria – anch'essa parzialmente composta di mattoni di reimpiego – un apparato decorativo che avvalorasse l'importanza della famiglia, conferendo a questa architettura dei caratteri aulici, imitativi delle antiche glorie di Roma (fig. 2.8). La volontà celebrativa è manifestata in primo luogo dalla ricchezza delle spoglie lapidee, scelte fra quelle più ricche per intaglio, ma anche dall'attenzione con cui sono stati selezionati i laterizi (Montelli, 2009), sagomati e intagliati in porzioni specifiche del prospetto, come nell'utilizzo di alcuni mattoni speciali nei capitelli. Montelli rileva inoltre che, contrariamente a quanto avviene nel Porticus Octaviae, il reimpiego degli elementi non ne muta in questo caso la funzione originaria, bensì ne conferisce apparentemente una coerente a quella che possedevano nella costruzione in cui erano precedentemente stati rinvenuti. La padronanza esplicitata dall'attenzione costruttiva e dalla accortezza delle scelte compositivo-funzionali del prospetto denotano una consapevolezza che supera il reimpiego come atto di risparmio di materiale antico e della sua sola ostentazione nel rimando alla Roma classica. Questo si può riscontrare dall'iscrizione collocata sopra il portale principale, ove si dichiara come l'obbiettivo del proprietario sia quello di "contribuire a rinnovare il decoro"[19] della città.



Fig. 2.8. Casa detta "dei Crescenzi", Roma, 2018 (Massimiliano Condotta)

La dichiarazione si dimostra perfettamente in linea con la temperie culturale del periodo, improntata a uno spirito di rinascita della Roma antica e culminata con il reinsediamento del Senato sul Campidoglio del 1143 (De Lachenal, 1995). È dunque possibile individuare maggior consapevolezza alla base del riutilizzo di *spolia* nei paramenti della Casa dei Crescenzi, rispetto a quanto avviene nel Portico di Ottavia. In quest'ultimo il valore funzionale ed estetico degli elementi di reimpiego si dimostra ragione preponderante, come sottolinea il fatto che questi assumano una funzione non conforme allo schema costruttivo di cui facevano precedentemente parte. Nel caso dell'edificio medievale, la qualità formale è associata al valore simbolico incarnato dall'attenta selezione dei componenti di spoglio, che rimandano a un legame con l'antica grandezza dell'Urbe attraverso la riproposizione coerente, per quanto cronologicamente e materialmente eterogenea, del suo linguaggio architettonico.

Gli esempi fin qui analizzati denotano come il valore materiale dei componenti di spoglio sia una delle ragioni più diffuse tra quelle alla base del loro riuso,

19 - "ROME VETEREM RENOVARE DECOREM".

sia perché consente di inglobare in nuove costruzioni elementi senza doverli produrre ex-novo, producendo inoltre un arricchimento formale, sia perché il ricavo economico è un incentivo a concedere la concessione per asportare gli stessi dal luogo originario. Tuttavia, come esaminato, a queste prime ragioni di natura pragmatica e formale si aggiunge successivamente la consapevolezza di un valore simbolico associato ai componenti di riuso. Le qualità prettamente estetiche, determinate da materiale e lavorazioni, si caricano in questo modo di significati più profondi, non solo a testimonianza dell'opulenza, ma anche di un ulteriore messaggio che al giorno d'oggi definiremmo "subliminale". Al contempo, una nuova attenzione all'ambito iconografico incrementa la pratica di reimpiego di elementi cui viene affidato un significato ideologico o di testimonianza di un ruolo politico importante.

Celebre è, in questo senso, la vicenda dell'Arco di Costantino, intervento tradizionalmente considerato rappresentativo del vasto programma di propaganda politica dell'imperatore e dotato di una "volontà ben precisa, giustificabile con l'intento di imprimere un suggello personale su gran parte delle opere pubbliche legate alle generosità stessa del *princeps*" (De Lachenal, 1995). Dedicato dal Senato all'Imperatore per commemorare la vittoria da questi ottenuta contro Massenzio, l'Arco è esito del rimaneggiamento di un monumento realizzato molto probabilmente due secoli prima. La considerevole presenza di elementi di reimpiego risalenti a differenti periodi storici lo rende oggetto di studio sin dall'epoca rinascimentale, dando avvio alla tradizione che contestualizza questi *spolia* – attribuiti ai più illustri predecessori di Costantino – all'interno di uno "specifico programma costantiniano di propaganda imperiale" (Elsner, 2000). Se infatti, da un lato, si riscontra la presenza di elementi architettonici di pregio, quali capitelli, basi e fusti di colonne, il cui nuovo uso è dovuto alle qualità formali e materiali, dall'altro, il largo riutilizzo di matrice iconografica sottintende dei contenuti molto differenti. Il celebre fregio celebrativo delle gesta di Traiano in Dacia, gli otto rilievi circolari di età adriana e gli otto pannelli decorativi di Marco Aurelio, infatti, non sono stati installati nel manufatto del IV secolo senza che venissero apportate loro delle modifiche. Le teste degli imperatori precedenti, simbolo di un "buon governo", vengono rilavorate a immagine di quello in carica. Se nella tradizione classica l'asportazione del ritratto di un imperatore sottintendeva una *damnatio memoriae*, questa azione rovescia, per l'Arco di Costantino, la prospettiva ed eleva quest'ultimo al rango dei suoi predecessori più apprezzati sostituendo alla loro la propria effigie. Tale operazione assume efficacia nella misura in cui sia parte di un modello interpretativo, determinato da pratiche sociali di lungo periodo e dal ricorso a un repertorio mentale di temi e schemi condiviso dalla memoria del pubblico (Settis, 1994). Nel monumento in esame, i pannelli di reimpiego evocano le attività canonicamente associate alle funzioni imperiali, costituendo una sinossi del ruolo dell'imperatore nella sfera pubblica: raffigurazioni radicate in una consolidata tradizione rappresentativa, manifestano un evidente fine simbolico riferito alla mitologia del potere imperiale (Elsner, 2000). Come specifica Liverani (2004), queste rappresentazioni assumono una funzione di *tòpos*, di "richiamo di un messaggio già noto, perfettamente corrispondente alle attese dello spettatore" che le può percepire in maniera sintetica. Per questa ragione si può, secondo l'autore, parlare di funzione ideologica degli *spolia* nell'Arco solamente in un senso generico: non vi sono richiami precisi di ordine politico bensì il riferimento a "un'antichità cronologicamente indistinta e in qualche misura mitizzata".

Esulando dalla più approfondita disamina del manufatto, pertinente all'intersezione tra ambito archeologico e storico-artistico, si può comprendere l'importanza dell'Arco di Costantino nella prospettiva del reimpiego di elementi architettonici. Atto esemplare di un generale programma comunicativo volto alla legittimazione del potere imperiale – per mezzo di una dichiarazione di "continuità", esso costituisce un prodromo della pratica per cui l'uso di *spolia* assumerà una funzione ideologica in maniera sempre più sistematica. L'Arco appartiene dunque alla terza categoria individuata da Esch (1998), che fonda le ragioni del riutilizzo di un manufatto sul significato simbolico in esso riconosciuto. Questo tipo di motivazione permarrà nel corso di tutto il Medioevo, forte del messaggio riconosciuto dalla collettività nelle "figure all'antica", determinando una continuità che "s'innesta strettamente sull'altissima standardizzazione del linguaggio artistico che già s'era prodotta nell'età imperiale Romana" (Settis, 1994). L'iconografia pagana diviene, senza fratture, quella cristiana e le rovine dei monumenti antichi si costituiscono magazzino di questo repertorio. A Roma, infatti, nel corso del V secolo la Chiesa prende coscienza di "un possibile ruolo trainante, se non *de iure*, quantomeno *de facto*" (De Lachenal, 1995). Così, il linguaggio del potere imperiale diviene un mezzo per comunicare la propria sostituzione allo stesso. Questa ricerca di legittimazione politica attraverso il piano formale viene condivisa anche dalle popolazioni barbare giunte in Italia, ne è esempio l'atteggiamento di Teodorico nei confronti dell'eredità classica e della tradizione romana, orientato a una conservazione di tali monumenti. Alla volontà di preservare questo patrimonio, assumendo un atteggiamento da *princeps*, si associa la volontà di inquadrare il proprio ruolo sulla scia di quello imperiale antico, testimoniata dal reimpiego di elementi decorativi in marmo trasportati da Roma alla capitale ostrogota Ravenna.

L'atteggiamento nei confronti delle antichità assume nel corso del Medioevo anche sfumature prettamente politiche, in alcuni casi dichiarando non la continuità con il mondo classico, bensì rivendicando una chiara discontinuità rispetto ad esso. È il caso della scelta della Repubblica di Venezia di ricostruire la propria Basilica – già cappella ducale – adottando come riferimento la chiesa dei Santi Apostoli a Costantinopoli (De Lachenal, 1995), individuando così il proprio modello politico e culturale non nell'Urbe, ma volgendo lo sguardo a Oriente. Nonostante la presenza di reimpiego di blocchi lapidei squadrati provenienti da alcuni siti romani, "la preferenza dei Veneziani in tema di antichità destinate al reimpiego architettonico va sensibilmente in direzione bizantina, anziché prediligere resti romani, peraltro disponibili anche nelle immediate vicinanze della città […] quasi che questo trascurare le memorie dell'architettura occidentale servisse a ribadire ancora meglio la netta volontà di Venezia di emanciparsi dalla sudditanza a Roma e all'imperatore germanico, continuatore ideale della sua antica tradizione politica e difensore della Chiesa" (De Lachenal, 1995). In questo senso, la Repubblica lagunare mira a sostituire la precedente sede episcopale di Grado per fronteggiare quella rivale di Aquileia, controllata dal Sacro Romano Impero, ma anche a rivaleggiare con l'antica capitale Ravenna sul piano artistico. Con la IV Crociata (1204) alla città viene riservato un terzo dei beni saccheggiati a Costantinopoli, reperti secondo consuetudine occidentale esibiti in patria e, nel caso veneziano, nel luogo indiscutibilmente più adeguato: quello simbolo dell'unità politica, civile e religiosa della città. L'integrazione di questi elementi nel complesso basilicale diventa un segno tangibile del programma ideologico che, identificando Venezia quale detentrice dell'eredità dell'Impero d'Oriente, ne sancisce l'indipendenza

– da Roma in primis – e il ruolo di mediatrice per eccellenza fra Occidente e Oriente (figg. 2.9 e 2.10).
Ai caratteri originali della *renovatio* veneziana si contrappongono quelli di una coeva figura chiave del Duecento italiano, colta e conoscitrice dell'antichità, che lega le proprie posizioni politiche a un linguaggio derivato da quello del potere imperiale pagano: Federico II di Svevia. Sostenitore della laicità del proprio ruolo e dell'indipendenza dello stesso da ingerenze religiose, con il progredire del proprio governo si trova in collisione sempre più aperta nei confronti del papato, tanto da ricevere due scomuniche. Questa insanabile divergenza viene esplicitata dal progetto architettonico della Porta di Capua, costruzione terminata nel 1240, il cui apparato decorativo reimpiega in modo consapevole e strumentale l'iconografia dell'antichità. Il manufatto è giunto a noi quasi completamente distrutto, con l'eccezione del basamento delle due torri poligonali, le quali, stando alle ricostruzioni, erano collegate da un corpo sospeso. Riproposizione del concetto di porta urbica, strategicamente eretta nella città confinante con lo Stato Pontificio, essa reinterpreta il tema celebrativo dell'autorità imperiale che in età classica era assunta dall'arco trionfale (De Lachenal, 1995). Le ipotesi ricostruttive rivelano come l'apparato iconografico, di cui facevano parte la scultura solenne dell'imperatore, raffigurato secondo la tradizione classica, e una personificazione della Giustizia, sia mirata a sancire il ruolo di Federico II quale autorità suprema. Questo scopo viene realizzato facendo riferimento a un linguaggio formale aulico, alla maniera antica: circostanza che assume, nel caso federiciano, connotazioni politiche e culturali determinanti, dichiaratamente provocatorie sul piano simbolico. Contrariamente agli esempi analizzati precedentemente, il messaggio viene qui veicolato da degli *spolia in se*: non dunque da elementi realizzati in età classica e integrati in una costruzione di epoca successiva, bensì da oggetti creati *ex novo* sulla base di modelli antichi. Il concetto di reimpiego trasla dall'oggetto al significato che questo possiede, o, meglio, al linguaggio adottato per comunicarlo.





Figg. 2.9 e 2.10. Fronte della basilica di San Marco e dettaglio di alcune colonne del prospetto sud, Venezia, 2021 (Elisa Zatta)

Dalle due vicende approfondite emergono degli aspetti di interesse nei processi di adozione di *spolia*, siano essi *in re*, come avviene nel caso veneziano, oppure *in se*, come testimoniato dall'episodio della Porta di Capua. Il primo è quello che, riallacciandosi al tema dell'eterogeneità di ragioni alla base del reimpiego, testimonia la volontà di conferire all'elemento architettonico riutilizzato un valore simbolico, di chiara strumentalizzazione politica. Quest'ultima è, in entrambi i casi in esame, mirata a dichiarare l'indipendenza dalla sfera politica dell'*Urbe* o il contrasto con la stessa, intesa quale manifestazione del potere temporale del papato. Si assiste così al più elevato grado di consapevolezza nel riuso di questi elementi, i quali acquisiscono in base al contesto politico e ideologico del tempo una forte carica semantica. Il secondo aspetto di interesse è quello che rivela un mutamento nell'approccio culturale nei confronti del costruito antico e dei suoi componenti materiali. Questa circostanza anticipa il fatto che,

come avverrà a partire dall'Umanesimo, la classicità non sia più percepita quale repertorio materiale e simbolico da cui attingere in maniera frammentaria ed episodica, bensì quella di un mondo da comprendere nel suo insieme. Ciò avviene grazie alla progressiva assunzione della distanza storica: l'*auctoritas* conferita alle antichità cede il passo a una loro valutazione sotto il profilo della *venustas* (Pasini, 2005; Settis, 1994), che le rende oggetto di studio e modello per l'era che a breve si aprirà, quella rinascimentale. Con essa si assiste a una rivoluzione, un mutamento di prospettiva, per la quale il ruolo dell'artista diviene quello di disegnare le nuove forme del mondo, sulla base del patrimonio classico e dalle sue testimonianze materiali e teoriche (Centanni, 2017): il frammento è ormai divenuto un monumento, "modello potenziale per la pratica artistica del presente" (Settis, 1994).
Termina con questa frattura il destino degli *spolia* quali elementi di reimpiego: il frammento antico diviene oggetto di un nuovo approccio culturale, aprendo le porte a "una nuova forma di riuso, la collezione, che laicizza le antichità trasportandole in uno spazio squisitamente privato e disponendole ora entro le nicchie o le arcate di un cortile, ora negli armadi di uno studiolo"[20] (Settis, 1994).
L'età moderna non determinerà la completa sparizione dei fenomeni di reimpiego di materiali e pezzi antichi, anche se la nuova prospettiva, che considera l'antico come modello, culminante nel periodo neoclassico, avrà fortuna decisamente maggiore.

2.3. La sopravvivenza del riuso al Moderno: declinazioni, motivazioni e approcci

2.3.1. Dagli anni Venti al Secondo dopoguerra, recisione dei legami con la cultura materiale

Nell'era pre-industriale il riuso degli *artefatti* era ampiamente diffuso e, rispetto a una nuova fabbricazione, reso conveniente dal fatto che per le fasi di produzione e trasporto fosse necessario un dispendio di energie umane e animali.
Questo vale a maggior ragione in ambito edilizio, se si tiene in considerazione anche solo la quantità di energia necessaria per la lavorazione e la movimentazione dei materiali tradizionalmente più utilizzati per realizzare le murature portanti nel continente europeo, pietra e laterizio. Le pratiche di reimpiego nelle costruzioni hanno dunque costituito una consuetudine nel corso dei secoli, protraendosi anche in seguito alla Rivoluzione industriale, soprattutto lontano dai contesti urbani.
È a partire dai primi decenni del Novecento, contestualmente alla progressiva industrializzazione del settore edilizio, che in ambito architettonico si genera una rottura completa rispetto al passato.
Come viene rilevato dall'interessante analisi sulla fortuna delle pratiche di reimpiego[21] condotta da alcuni membri del collettivo belga Rotor[22] (Ghyoot et al., 2018), le ragioni economiche e di mercato che contribuiscono a questa

20 - Si pensi al restauro cinquecentesco del Palazzo Grimani di Santa Maria Formosa a Venezia, ispirato a modelli derivanti dalla classicità e successivamente destinato da Giovanni, per due volte Patriarca di Venezia, a contenere la propria considerevole collezione di opere antiche.

21 - La prospettiva storica dell'approfondimento muove dall'esame di alcuni casi studio, demolizioni condotte tra il XVIII secolo e il Secondo Dopoguerra negli Stati Uniti e in Europa.

22 - Delle posizioni teoriche e dell'operato di Rotor, collettivo dalla duplice anima composto da progettisti architettonici e tecnici della decostruzione e del riuso di prodotti e componenti, si parlerà diffusamente nel capitolo 5 e nel capitolo 8.

circostanza sono molteplici.
In Occidente, a partire dagli anni Venti la pressione fondiaria nelle aree urbane aumenta progressivamente ed è perciò richiesto alle imprese di condurre le operazioni di costruzione e, soprattutto, demolizione in tempi sempre più rapidi[23]. Per tale ragione, le attività di recupero di elementi, che prevedono anche dei tempi devoluti allo stoccaggio e alla preparazione per la successiva rivendita, diventano una voce di costo del cantiere che non è economicamente conveniente sostenere (fig. 2.11). Contribuiscono in questo senso anche i graduali aumenti salariali per la manodopera, a fronte dell'introduzione delle prime macchine di cantiere impiegate per la demolizione. Di conseguenza diminuisce il numero di persone necessarie per condurre le operazioni di smantellamento degli edifici, che acquistano un carattere meccanico e prettamente distruttivo.
Questo quadro subisce una accelerazione a seguito della Seconda Guerra Mondiale, periodo storico in cui i Paesi occidentali rincorrono il sogno della modernizzazione sull'onda del boom economico[24], sostanziata in ambito urbano da una frequenza crescente delle operazioni di rinnovo dello stock edilizio. L'insieme di queste cause concorre a determinare il fatto che, nel corso di solo mezzo secolo, una pratica millenaria dell'architettura venga ridotta a una nicchia del mercato dell'edilizia, quasi esclusivamente relativa alle antichità.



Fig.2.11. Cantiere di demolizione selettiva a Roma, piazza della Rovere, negli anni Trenta (foto Sciamanna, tratto da Bernard et al., 2008)

La progressiva scomparsa del reimpiego di elementi in edilizia deve molto, come brevemente tratteggiato, alle logiche economiche e di mercato stabilitesi agli inizi del XX secolo, ma è fortemente condizionata anche da fattori culturali di due ordini. Il primo, di tipo socioeconomico, è la progressiva transizione che prende avvio verso la futura società del consumismo, nella quale non c'è posto per ciò che non sia "nuovo". Appare evidente come, in tale contesto, l'adozione di pratiche legate al risparmio e all'economia sia interpretata come l'impossibilità di stare

23 - Negli Stati Uniti, in particolar modo, il concetto di obsolescenza entra quasi inaspettatamente nelle dinamiche del mercato immobiliare urbano a inizio Novecento, come un processo di "improvvisa svalutazione e 'sacrificabilità' [*expendability*] (…) esito di un cambiamento nella tecnologia, nell'economia e uso del suolo, per via del quale il nuovo avrebbe inevitabilmente avuto prestazioni superiori del vecchio e ne avrebbe causato la svalutazione" (Abramson, 2016). A partire dagli anni Trenta il concetto inizia a essere applicato dagli urbanisti a quartieri e città per indicare sia gli insediamenti residenziali che non raggiungono gli standard del tempo sia le condizioni economiche che li caratterizzano, considerate due premesse essenziali alla successiva riqualificazione.

24 - Di questa temperie è emblematico per Bruxelles, città in cui operano i progettisti e ricercatori di Rotor, il Piano Manhattan, trattato nel capitolo 8.

al passo con i tempi, giustificabile solo se motivata dall'indigenza (quest'ultima, naturalmente, indesiderata). Il secondo, circoscritto al dominio architettonico, è dovuto alla nascita e all'affermazione dei principi del Movimento Moderno, che comportano un radicale rovesciamento di prospettiva in relazione ai concetti di luogo e tempo. Fino a quel momento, la cultura della durata era sempre stata connaturata all'attività del costruire umano, che ha perseguito la continuità nel tempo, quale parte costitutiva della *firmitas*, in tutte le grandi opere del passato giunte ai giorni nostri (Di Battista, 1992). Il mutamento dei rapporti produttivi e l'irrompere della nuova cultura architettonica interrompono questa lunga tradizione e, se il rapporto con i segni del luogo viene negato, il rapporto con il tempo viene completamente omesso: la continuità diventa subordinata ai processi della produzione industriale (figg 2.12 e 2.13).





Figg. 2.12 e 2.13. W. Baumeister, "wie whonen?", 1927. Manifesti pubblicitari disegnati per "die Wohnung", l'esposizione internazionale di Stoccarda, nei quali gli interni di abitazioni (borghesi) di quegli anni sono dipinti come la tradizione con cui l'architettura moderna intende rompere ogni legame (da Kirsch, 2013)

Per definizione, il Moderno non prevede l'esistenza del reimpiego, inteso sia come riuso di edifici che come riutilizzo di prodotti e componenti. Questo è dovuto in prima istanza al fatto che non vi individua alcuna *utilità* – o, forse, più correttamente, alcun senso – mentre, in secondo luogo, all'interpretazione che compie del concetto di storia e, dunque, della relazione tra il capitale artefatto e lo scorrere del *tempo*. Tali due fattori concorrono nel determinare come le teorie del Moderno non possano contemplare il concetto di "valore di risorsa" che al giorno d'oggi caratterizza la lettura dei processi di riutilizzo, come evidenziato nei paragrafi precedenti. Considerando l'influenza che il Movimento ha avuto – e in parte ancora possiede – sulle discipline del progetto, il fatto che l'architettura contemporanea possa testimoniare la sopravvivenza, se non una recente diffusione, delle pratiche di riuso in edilizia apparirebbe agli occhi dei principali esponenti di questa corrente quantomeno inaspettato.

Utilità.

Fattore che riveste un ruolo preponderante nel quadro delineato è la progressiva industrializzazione che investe il settore edilizio a partire dagli inizi del Novecento. Ciò avviene quando la Rivoluzione Industriale ha già determinato da tempo la recisione dei legami tra natura e cultura, comportando la scissione del "sapere unitario, testimone di una cultura integrata al territorio" in "molteplici 'saperi' legati non più a un luogo specifici, ma all'evolversi delle tecnologie" (Nardi, 1994). In tale contesto, Blake (1983) individua nel Movimento Moderno la "necessità impellente" di stare al pari con la Rivoluzione industriale, dettato dalla volontà di indurre una rivoluzione di egual portata nel mondo dell'architettura e dell'edilizia, una preoccupazione che si trasforma in ossessione. Lo strumento impiegato per tradurre l'innovazione tecnologica in pratica è la standardizzazione, che non solo permette di eseguire le lavorazioni di cantiere in tempi sempre più rapidi ma risponde a dei criteri fondamentali sotto il profilo concettuale. Lo standard è economico, genera dei prodotti che sono dettati della razionalità, le sue radici ingegneristiche permettono che possieda una sorta di purezza e che la possa conferire agli edifici che secondo lo standard vengono costruiti. In altri termini, lo standard è una necessità (Jencks e Silver, 2013).

A partire dalla prima età della macchina, l'idea di standardizzazione come valore (Banham, 2005), insieme a quella della purezza delle geometrie, pervade per

decenni la cultura architettonica, veicolata dallo Stile Internazionale. In tale contesto, gli elementi di reimpiego perdono la loro caratteristica fondamentale, quella di *utilità*, e dunque uno scopo. Un approccio progettuale che trae ispirazione dall'efficienza dell'industria per la gestione del cantiere e che si propone di controllare la costruzione per mezzo di sistemi costruttivi "moderni" e dello standard non può, naturalmente, assumere che degli *object trouvé* interferiscano con questo processo. Inoltre, recidendo i legami con il contesto dal punto di vista geografico e climatico, il Moderno non ha interesse a impiegare una risorsa collocata "a portata di mano" in uno specifico contesto.

Tempo (i).

Gli elementi edilizi del passato acquisiscono un carattere di accidentalità, dotati di un'autonomia anacronistica che in essi non viene più riconosciuta, rimanenze indesiderate: il Movimento Moderno nega il valore delle architetture che lo precedono (Di Battista et al. 1995, Hebel et al., 2014). Il solo valore che viene attribuito alla città esistente diventa quello di terreno di conquista da risanare, ipotizzando di "distruggere ogni cosa, negare ogni memoria, ogni spessore della storia"[25] (Di Battista, 1992). Quale spinta verso la più radicale innovazione, il Moderno non ammette l'integrazione di una *tabula scripta*[26], bensì l'elaborazione di una *tabula rasa* quale negazione dell'esistente (fig. 2.14), recidendo completamente i legami con il luogo e, di conseguenza, con la sua cultura materiale. Il soggetto di questo nuovo modo di costruire (*neues whonen*) diviene legittimo "solo nella completa cancellazione di tutte le infrastrutture culturali e stratificazioni consuetudinarie in cui si sostanzia la nozione di lascito, il concetto di tradizione" (Irace, 1984). Con la negazione del passato, gli elementi che ad esso appartengono non possono entrare a far parte degli edifici del futuro.

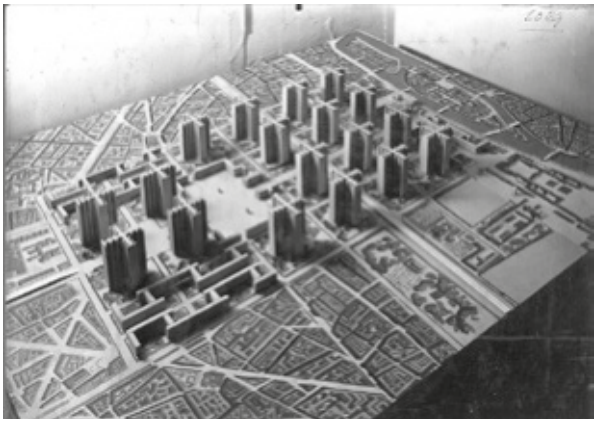


Fig. 2.14. Modello del Plan Voisin di Parigi, Le Corbusier, 1925 (Fondation Le Corbusier)

Tempo (ii).

Il complesso rapporto del Movimento Moderno con l'azione temporale genera un paradosso. Da un lato promuove un'esigenza rinnovatrice, proiettata nel futuro, dall'altro gli edifici che realizza vivono una rapida obsolescenza dettata dall'azione del tempo (in senso cronologico) e del degrado materiale. Quest'ultima si rivela in seguito essere la "accelerazione di germi disintegrativi già in incubazione nello sviluppo materiale di quelle mitiche edificazioni"[27] (Irace,

25 - Al "privilegio assoluto accordato alla nuova città" si deve anche la polarizzazione tra la cultura della trasformazione e dell'innovazione e quella, esclusivamente protezionistica e "altrettanto radicale", del restauro (Di Battista, 1992).

26 - Si veda il paragrafo 2.2.1.

27 - Questa obsolescenza si riflette anche in termini di fruizione da parte dell'utenza, la quale nel tempo apporta una serie di modifiche sostanziali agli edifici progettati per l'"uomo moderno", come nel noto esempio del Weissenhofsiedlung (Irace, 1984) o nel sobborgo di Levittown in cui "sebbene gli americani conducano un modello di vita condizionato da prodotti e servizi identici e standardizzati, preferiscono credere di non farlo: le case postbelliche (…) sono state tanto modificate dagli abitanti con l'aggiunta di portici, abbaini, ali per le camere da letto e trabiccoli vari, che adesso è impossibile riconoscere gli originali elementi standardizzati (…) in una società libera esiste una resistenza molto forte e reale alla standardizzazione" (Blake, 1983). Si veda anche Jencks e Silver (2013): "Tuttavia la casa moderna si

1984). La nuova estetica, infatti, promuovendo la produzione in serie, impone delle notevoli modifiche nei sistemi costruttivi edilizi. Questi si rivelano essere una fonte di imprevedibilità nel corso della vita dei fabbricati, dovuta sia alla mancanza di esperienza nell'impiego di queste tecniche che all'uso inedito dei materiali (Mostafavi, 1993). La separazione di struttura e involucro comporta infatti un aumento del numero di connessioni e, di conseguenza, del numero dei nodi dell'edificio esposti all'azione degli elementi. Le opere del Moderno, in quanto artefatti e non opere di natura, "ci mostrano quanto fragili fossero i miti tecnologici che ne accompagnano la nascita e quanto breve la loro *durée*" (Scalvini, 1984). Ciò è dovuto anche alle caratteristiche formali: la precisione, la purezza e la mancanza di ornamento tipiche dello Stile Internazionale, "difficilissime e molto costose da ottenere nel mondo reale delle costruzioni e ancor più da conservare inalterate nel tempo" (Blake, 1983), determinano cicli di vita brevissimi per questi edifici. Tale mancata durabilità inserisce il settore delle costruzioni della metà del secolo scorso, ma soprattutto i suoi *artefatti,* il capitale artificiale, nella dinamica del deprezzamento accelerato dei beni e del loro rapido consumo. Come avviene nel caso degli oggetti, che una volta perdute le loro peculiarità sono gettati via (Jencks e Silver, 2013), anche gli edifici, perdute le loro qualità formali e funzionali, divengono rifiuti.

> Le tecniche costruttive carenti adottate per gli edifici "bianchi" hanno spesso provocato il deterioramento funzionale ed estetico degli stessi (...) [Se] nelle culture tradizionali la distinzione tra purezza e impurità non era assoluta (...) dal diciottesimo secolo abbiamo visto la progressiva separazione delle due categorie (...) All'interno di questa prospettiva, i segni sugli edifici bianchi saranno sempre interpretati come macchie e le impurità come errori (Mostafavi, 1993).

L'influenza delle teorie del Moderno sulla fortuna del reimpiego di elementi edilizi è notevole. La negazione dei legami dell'architettura contemporanea con la storia e con il luogo comporta, infatti, la risoluzione del rapporto tra edificio e cultura materiale. Ciò impedisce la lettura di un valore di utilità nelle risorse materiali provenienti dal passato e lavorate da una tecnica che non possedeva ancora i caratteri di industrializzazione necessari per rinnovare l'architettura. Nel contempo, la rapida obsolescenza degli edifici "figli" dello Stile Internazionale, nonché la totale indifferenza al contesto geografico, diventano col Secondo dopoguerra i caratteri costitutivi di una edilizia di scarsa qualità, che oggi richiede notevoli input energetici e produce quantità considerevoli di rifiuti da C&D.

2.3.2. Il Secondo novecento dalla spinta ecologica alle accezioni simboliche

Come affrontato nel corso del primo capitolo, la consapevolezza delle esternalità ambientali generate dai sistemi produttivi di tipo lineare entra nel dibattito pubblico degli anni Sessanta a partire dalla divulgazione delle teorie ecologiche. Nel complesso quadro delle modificazioni strutturali che la società di quel periodo storico sta sperimentando e che ne determineranno l'assetto contemporaneo, le tematiche relative alla salvaguardia ambientale si legano rapidamente ai contenuti cari alle posizioni critiche di matrice anti-consumistica e anti-capitalistica. Questo riguarda in particolar modo il tema della considerevole produzione dei rifiuti e del

---

distingue da quella vittoriana per un aspetto fondamentale. Invece di riflettere la personalità dell'individuo, gli oggetti che contiene riflettono l'immagine individuale prodotta in massa in fabbrica".

loro smaltimento, il quale da un lato possiede delle ovvie implicazioni in termini ecologici e, dall'altro, rappresenta un simbolo della cultura del consumismo. Come ben sottolinea Monsù Scolaro (2017) se con il concetto di consumo si intende l'utilizzo esaustivo di un bene, impiegato fino a quando conserva la propria funzionalità, la nostra società non consuma abbastanza, "per cui la nostra civiltà andrebbe rinominata come 'civiltà dello spreco'".

> Alla fine (…) dimostreranno che la tecnologia moderna è un toccasana, anche se inquina l'atmosfera con la polvere di asbesto, con la ruggine e con i vetri che cadono di sotto e che alla fine, per aggiungere il danno alla beffa, ci porta alla bancarotta. Come diavolo hanno fatto gli architetti, che dovrebbero essere gli idealistici difensori dell'ambiente, a farsi mettere nel sacco in un modo così stupido e ridicolo? (Blake, 1983)

Ad accogliere questa intersezione tra tematiche ambientali e rifiuto del consumismo è la Controcultura, la quale rivaluta gli oggetti di scarto in virtù dell'opposizione ideologica ai comportamenti della società contemporanea. Tale atteggiamento mira non solo a evidenziare la sovrabbondanza di beni che diventano rifiuti, bensì a evidenziare come, prendendo le distanze dallo stile di vita della maggioranza della popolazione, di tali rifiuti sia possibile addirittura vivere (Jencks e Silver, 2013). In molti casi gli insediamenti di queste comunità, sviluppatisi negli anni Sessanta e Settanta, sono l'esito di un vero e proprio stile di vita basato sul riutilizzo creativo degli scarti, considerati delle risorse a basso costo e impiegati per realizzare le costruzioni necessarie alla quotidianità di questi gruppi sociali. Pur presentando dei tratti ingegnosi e innovativi, l'influenza che queste realizzazioni avranno sul mondo dell'architettura sarà di breve durata o di carattere marginale, a causa di un eterogeneo insieme di fattori tra cui la mancanza di coesione del movimento e i rapporti spesso non definiti con la tematica ecologica (Ponte, 2006).

Figg. 2.15 e 2.16. Alcune immagini dell'insediamento di Drop City (da Sadler, 2006)





Noto esempio è quello di Drop City[28], comunità fondata in Colorado nel 1965 il cui uso continuativo termina meno di un decennio dopo (Zanetti, 2010). Sede e, al tempo stesso, "scultura paesaggistica" di una comunità di artisti, vede nel corso della sua breve vita la costruzione di una serie di edifici la cui configurazione strutturale trae ispirazione dalle *domes* di Buckminster Fuller[29]. La facilità di assemblaggio e l'economicità dei mezzi, nonché la simbolica forma circolare, rendono le cupole geodetiche la ideale espressione di un'etica anticonformista, anti-establishment e di ritorno alla natura (Sargent Wood, 2012). Le strutture

28 - "Il nome della comune deriva dall'attività artistica praticata dai fondatori, Clark Richert e Gene e Jo Ann Bernofski (…) [i quali] dopo aver dipinto dei sassi, li lasciavano cadere ("*drop*") in strada dalla finestra di un piano superiore e osservavano le reazioni provocate" (Sargent Wood, 2012).

29 - "Se, da un lato, questa possibile applicazione della cupola geodetica di Fuller viene dunque finalmente testata, dall'altro la struttura subisce una vera e propria contaminazione: alla luce della loro scarsa esperienza nel campo dell'autocostruzione, i *droppers*, dopo avere assimilato la lezione dell'architetto e deciso di costruire delle *domes*, copiano alcune soluzioni costruttive dalle fattorie dei dintorni" (Zanetti, 2010).

realizzate a *Drop City* generano un ampliamento in termini architettonici dei principi scientifici di Fuller, sviluppando una serie di "variazioni sul tema" dei suoi progetti, in una sorta di *bricolage* metamorfico di materiali e idee (Sadler, 2006). Le prime costruzioni della comunità sono fedeli al modello originale e vengono realizzate con materiali di recupero di vario genere, da reti metalliche a tappi di bottiglie in metallo, da parabrezza di automobili a calcestruzzo. Le cupole realizzate successivamente, chiamate *zomes*, seguono invece un sistema costruttivo ideato da Steve Baer[30], che si dimostra più pratico e flessibile rispetto al precedente poiché "mentre la cupola geodetica si può ingrandire solamente aumentando il suo raggio, la struttura di Baer si può estendere lungo un asse estrudendo una o più facce del solido" (Zanetti, 2010), richiedendo inoltre un numero inferiore di componenti (Sadler, 2006).
Tutte le strutture sono auto-costruite e altamente personalizzate secondo i principi del *DIY* (figg. 2.15 e 2.16). Esse assumono dei tratti quasi espressionisti, simboleggiando la reazione alla produzione in serie e all'omologazione tipiche del modello abitativo contemporaneo nelle quali "gli angoli comprimono la mente" (Sargent Wood, 2012). La tecnica costruttiva permette ai *droppers* di fare largo impiego di riutilizzo degli scarti. Essa prevede "un grossolano sistema di assemblaggio a secco di elementi modulari, ricavati soprattutto dalle carrozzerie delle automobili abbandonate che vengono ridotte in triangoli a colpi d'ascia" (Monsù Scolaro, 2017). Queste possono poi essere inchiodate su un eventuale telaio di legno oppure assemblate per mezzo di saldature, mentre in alcuni casi si procede con la piegatura dei bordi e l'imbullonatura dei fori praticati sul perimetro di due elementi contigui così da permetterne l'unione senza la necessità di sottostrutture. Il ricorso alle lamiere delle automobili permette di sfruttare, a fini di coibentazione, l'isolamento termico già presente all'interno della carrozzeria, la quale, risultando facilmente verniciabile, può essere colorata a piacere. Le pratiche sostenibili della comunità non prevedono esclusivamente l'impiego di materiali di recupero, bensì il perseguimento di una autosufficienza in termini energetici, evidentemente necessaria data la collocazione isolata dell'insediamento. Anche in questi casi viene fatto spesso ricorso a elementi di scarto, come per la realizzazione di collettori solari costruiti con il reimpiego di specchietti retrovisori di automobili. L'esperienza di *Drop City* può essere considerata uno dei primi esempi della *garbage architecture*, una corrente dai contorni imprecisi i cui esponenti condividono la critica nei confronti della società consumista e si servono di ciò che quest'ultima scarta come materiale da costruzione. Tale approccio, seppur confinato a una cerchia sociale abbastanza limitata e anticonvenzionale, può essere riconosciuto anche nei decenni seguenti sotto un ampio spettro di forme differenti. Uno dei più noti sostenitori di queste posizioni è il controverso[31] architetto statunitense Michael Reynolds (n. 1945), la cui attività suscita un discreto interesse anche attraverso i numerosi workshop di autocostruzione organizzati nei decenni in varie località del pianeta. Reynolds avvia la propria attività dalla metà degli anni

30 - Autore del *Dome Cookbook* (1968).

31 - Come nota Monsù Scolaro (2017), le costruzioni presentano una scarsa tenuta all'acqua, soprattutto in copertura, oltre a non garantire una climatizzazione naturale sufficiente nei climi caldo-umidi. Per tali ragioni alcuni clienti hanno portato avanti delle cause legali nei confronti di Reynolds, nonostante questi avesse sempre dichiarato la natura sperimentale dei propri progetti. Sulla base di queste premesse il Consiglio di Stato degli Architetti ha sospeso il titolo di architetto e la licenza a Reynolds per 17 anni, dichiarando le costruzioni illegali e mancanti dei requisiti necessari di resistenza, sicurezza e durabilità. Si veda anche "Controversy over a Green Hero", *Architectural Record*, June 2000, Vol.188 (6), p.36.

Settanta a Taos, in New Mexico, dove inizia le proprie ricerche sperimentali in termini di costruzioni sostenibili e tuttora pratica la costruzione delle *earthship*[32] (fig. 2.17). Queste ultime sono delle abitazioni sperimentali "costruite con materiali naturali e riciclati e mirate alla conservazione di energia, progettate per produrre acqua, elettricità e cibo per l'autoconsumo"[33], in altri termini delle abitazioni solari passive progettate per una gestione efficace delle risorse naturali.



Fig. 2.17. Una Earthship a Taos (Jenny Parkins)

Scopo di questi edifici è quello di essere completamente *off-grid*, ovvero scollegate dalla rete tecnologica tradizionale sia dal punto di vista energetico che dal punto di vista della fornitura di acqua. Tale obbiettivo viene perseguito attraverso due strategie complementari. La prima è quella che intende massimizzare gli aspetti bioclimatici delle abitazioni, impiegando sistemi costruttivi massivi quali spessi muri di pneumatici riempiti di sabbia e interrati sul lato esterno, oppure delle serre creando spazi "cuscinetto" vetrati tra l'esterno e l'interno, al fine di regolare le temperature interne. Al contempo, dei condotti di aerazione naturale convogliano l'aria di temperatura inferiore all'interno degli ambienti permettendone il raffrescamento e il ricambio d'aria. La seconda è quella relativa all'approvvigionamento e alla gestione delle risorse: l'acqua piovana viene non solo raccolta e stoccata, ma anche riutilizzata più di una volta (per esempio (i) dalle acque grigie (ii) alle piante nella serra, (iii) di lì agli sciacquoni dei servizi igienici) prima di arrivare nella fossa settica; l'energia solare viene sfruttata grazie al fotovoltaico a cui si associano in alcuni casi piccoli impianti eolici. Alle strategie che permettono l'indipendenza della casa si coniugano quelle che massimizzano l'impiego di materiali di scarto, dai già citati pneumatici usati per le chiusure massive, ai moduli composti di lattine per le partizioni non portanti, assemblate con malta e successivamente intonacate, alle bottiglie di vetro annegate nelle pareti perimetrali in terra cruda.

> I am not trying to convince anybody to build out of tires instead of straw bales, o to build out of tires instead of earth bags, I say: this is why I build out of tires (…) this is why I use the sun and thermal mass to stay warm (Reynolds ne *Don't flush your freedom*, 4'02").

Il più noto teorico della *garbage architecture* è Martin Pawley (1938-2008), critico e docente di architettura britannico. L'interesse di quest'ultimo nell'utilizzo di materiali di scarto muove dal presupposto che sia necessario scindere i concetti di *recycling*, riciclo, e *secondary use*, ovvero reimpiego. Ciò è motivato due ragioni: da un lato rendere i materiali riutilizzabili come materie prime seconde attraverso i processi di riciclo comporta un costo in termini energetici, dall'altro questo determina che le proprietà insite negli elementi finiti vadano perdute. Dunque,

32 - Nome che rimanda alla "bouldingiana" *spaceship earth*, ma riferito principalmente al fatto che i prototipi studiati da Reynolds prevedono nel più dei casi il semi-interramento delle abitazioni al fine di sfruttare l'inerzia termica della massa di terreno al fine di regolare le temperature dei locali interni.

33 - https://www.earthshipglobal.com/ [07.2020].

attraverso il "*secondary use*"

> old products are given a new life without being murdered first (Pawley, 1982).

Nel corso della sua attività didattica, Pawley organizza numerose esperienze pratiche di costruzione con gli scarti cui gli studenti partecipano, impostandole secondo quattro principi fondamentali (Zanetti, 2010):

a. l'impiego di prodotti scartati dovrebbe avvenire, quanto più possibile, senza processi industriali preliminari che richiedano energia;
b. la tecnologia edilizia sviluppata per fare questo dovrebbe adattarsi al tipo di rifiuto piuttosto che cercare di renderlo conforme a tecniche costruttive tradizionali;
c. ove il risultato ottenuto ne desse motivo, andrebbero sviluppate specifiche tecniche costruttive per utilizzare tutti i rifiuti di volume elevato e la cui produzione richiede molta energia;
d. Se fosse necessario alterare i materiali o prodotti di scarto per renderli più adatti all'uso nelle costruzioni, tali modifiche andrebbero introdotte nella fase progettuale precedente al loro primo impiego, non nella fase di trattamento precedente al loro secondo utilizzo.

Questi punti ribadiscono la convenienza in termini ambientali del reimpiego rispetto al riciclo, nonché come Pawley individui un valore di risorsa negli scarti, tanto da suggerire che serva ideare delle tecniche costruttive ad hoc per riutilizzare i rifiuti che comunemente sono prodotti in grande quantità. Un ulteriore tema di interesse è quello espresso in merito al necessario adattamento della tecnologia costruttiva agli scarti, poiché appare estremamente improbabile che questi ultimi siano in grado di fornire le prestazioni necessarie nel caso del loro impiego in tecniche convenzionali. Tale prospettiva accoglie l'approccio del "costruire con ciò che si ha a portata" già discusso in relazione ai *droppers*, evidenziando l'importanza da parte della progettazione di accogliere le suggestioni provenienti dal contesto in cui si opera. Alternativa a questa apparente subordinazione agli oggetti trovati "come sono" è quella di usufruire di prodotti che sono già stati progettati per un "secondo uso" per mezzo di piccole modifiche alle loro convenzionali caratteristiche.



Fig. 2.18. I due formati di Wo.Bo. (da Hebel et al., 2014)

Quest'ultima ipotesi, che si riferisce a oggetti pertinenti a un dominio diverso da quello costruttivo, ma studiati per essere re-impiegabili in edilizia una volta esaurito il loro primo uso, annovera un esempio celebre, la Wo.Bo. (World Bottle). Ideata dall'architetto olandese N. John Habraken (n. 1928), su commissione di Alfred Heineken, è un prototipo di bottiglia per la birra disegnato per poter essere utilizzato anche con funzione di mattone nella costruzione di murature (fig. 2.18). La richiesta dell'imprenditore nasce in seguito a un suo viaggio a Curaçao del 1957, durante il quale viene colpito dalla dissonanza tra le molte bottiglie di vetro disperse nell'ambiente naturale e le tecniche costruttive molto povere adottate dalla popolazione locale per le proprie abitazioni. Al tempo, la produzione del

marchio avviene interamente in Olanda e solo successivamente esportata all'estero, tuttavia, se i vuoti a rendere sono facilmente recuperati all'interno dei confini nazionali, per quelli spediti oltreoceano questa soluzione non è praticata (Hebel et al., 2014). Tali circostanze convincono Heineken della necessità di ideare un prodotto che sappia assolvere contemporaneamente a due funzioni: contenitore per bevande e prodotto edilizio. Nasce così la Wo.Bo., prodotto mai realmente immesso sul mercato, progettato nelle due capienze differenti di 350 ml e 500 ml. Rispetto alla tradizionale bottiglia, essa presenta una forma più tozza e una sezione che da circolare diviene quadrata, il collo è accorciato e il fondo reso segnatamente più concavo. Tutti questi accorgimenti sono necessari perché essa possa essere posata in corsi orizzontali, inserendo il collo di una bottiglia nella base della successiva, alternandoli a giunti di legante per facilitare la presa del quale sono presenti alcuni rilievi sui lati piani (Cumo et al., 2015). Il prodotto rappresenta dunque un elemento potenzialmente impiegabile sia per murature con funzione portante che come componente dell'involucro esterno, di rivestimento o decorativa. La produzione della Wo.Bo., avviata nel 1963, si ferma a un numero limitato di esemplari[34], poiché la sezione marketing dell'azienda teme che delle modifiche così drastiche abbiano ripercussioni negative sulle vendite. Ciò nonostante, il prototipo viene impiegato per la progettazione di due costruzioni. Nella prima, realizzata a Noordwijk, Olanda, esso è integrato alle murature perimetrali portanti come modulo costruttivo. La seconda viene progettata da Habraken e dal designer van den Berg nel 1976 come ampliamento del loro studio di Eindhoven, ma mai realizzata (Belladelli, 2012). Questa struttura presenta una soluzione differente che vede la bottiglia utilizzata come elemento di tamponamento, mentre la funzione strutturale è assolta da dei pilastri realizzati con fusti metallici circolari di reimpiego impilati l'uno sull'altro[35]. Se l'impiego delle bottiglie nelle pareti perimetrali è rintracciabile in diversi tipi di costruzioni, tra cui le *earthship*, la World Bottle rappresenta il primo esempio di contenitore in vetro appositamente progettato per assolvere anche alla funzione costruttiva.

Il riutilizzo degli scarti nelle costruzioni continua, con una perseveranza che sa di impertinenza, a costituire una nicchia in architettura nel corso del secondo Novecento. Esso rappresenta una sperimentazione in grado di veicolare una buona pratica ambientale, soprattutto a fini di sensibilizzazione, nonché l'occasione di studiare le possibilità offerte da prodotti e materiali dall'uso inedito nella sfera edilizia, mossa da una attitudine esplorativa dei progettisti. A tali ragioni si associa spesso una componente di matrice etica, che deriva dalla originaria critica alla cultura del consumismo, relativa all'individuazione di un valore in ciò che per la società non possiede *più* alcun interesse, ma che può, ciò nonostante, acquisire *ancora* utilità. L'operato di Rural Studio incarna in modo esemplare questo composito insieme di interessi. Fondato nei primi anni Novanta da Samuel Mockbee (1944-2001) e Dennis Ruth a Hale County, in Alabama, è un programma della locale Auburn University che coinvolge gli studenti nella

34 - Monsù Scolaro (2017) riferisce che questa cifra sia pari a 100.000 unità, mentre Belladelli (2012) ne menziona 60.000.

35 - Va evidenziato come il secondo progetto menzionato costituisca un eterogeneo campo di sperimentazione per il riuso di scarti. Oltre ai fusti utilizzati come "rocchi" per i pilastri, la struttura prevedeva delle travi di recupero a sostegno della copertura, realizzata con porzioni di carrozzeria di un minivan Volkswagen. Per alcune pavimentazioni era previsto di impiegare uno strato di lattine per alimenti, annegato da un getto di calcestruzzo, mentre per altre dovevano essere create apposite mattonelle realizzate con un misto di cemento e frammenti di bottiglie di vetro.

progettazione e realizzazione di edifici, sia privati che di comunità, destinati ai residenti di una regione molto povera[36]. Alla base della decisione di Mockbee di fondare il programma c'è la convinzione che la professione architettonica abbia la responsabilità di migliorare le condizioni di vita delle classi sociali più povere e che per questo la formazione nelle discipline del progetto debba comprendere la realizzazione di edifici reali come servizio alla comunità (Oppenheimer e Hursley, 2002)[37]. Molte delle costruzioni sono dei progetti di tesi degli studenti che si impegnano, nell'arco di un anno accademico, non solo a progettare e realizzare in prima persona queste strutture, ma anche a individuare i committenti e recuperare materiali e fondi necessari. Lo scarso budget che caratterizza queste esperienze, unito alla volontà di impiegare le risorse a disposizione e di sperimentarne le possibilità tecniche, fanno sì che in molte delle realizzazioni siano impiegati materiali a basso costo, di riuso oppure rifiuti.



Fig. 2.19. La Yancey Chapel (Tim Hursley)

Una delle prime e più note strutture di questo tipo è la Yancey Chapel (1995), un padiglione all'aperto collocato al di sotto di alcune alberature. Degli elementi preesistenti, un abbeveratoio in calcestruzzo al di sotto di una struttura metallica a due falde, denunciano la precedente funzione dell'area quale pertinenza di una fattoria e diventano parte integrante della cappella. Quest'ultima si sviluppa tra due lunghi muri realizzati con un migliaio di pneumatici da smaltire, donati da un'impresa della zona, riempiti di terra battuta con il progredire dell'elevazione. Al rinforzo interno delle pareti perimetrali, realizzato con delle barre in ferro, si unisce quello esterno mediante una rete metallica, sulla quale viene poi applicato uno strato di stuccatura. Gli altri materiali impiegati sono tutti analogamente di recupero: travi di legno di un edificio abbandonato, lamiere arrugginite tagliate in elementi per la copertura discontinua, acciaio ricevuto attraverso donazioni (fig. 2.19). Un secondo esempio di costruzione integrante materiali ed elementi di riuso è il Cardboard Pod (2001), parte di una serie di unità abitative minime realizzate da (e per) gli studenti, poste al di sotto di una copertura a falde chiamata Supershed. Le pareti di questa "capsula" sono costruite con balle di cartoncino corrugato: questi elementi, scarti di un processo industriale, sono impregnati di cera ai fini della resistenza all'acqua e non possono essere riciclati, ragione per cui sono normalmente conferiti in discarica. Tuttavia, le dimensioni delle balle le rendono semplici da impilare una sull'altra e la densità che le caratterizza ne garantisce sia la stabilità, nel complesso della costruzione, che buone proprietà isolanti. Un terzo esempio di costruzione progettata e

36 - Prevalentemente abitata da comunità di colore, viene anche chiamata *Alabama's Black Belt*. Se al giorno d'oggi tale denominazione viene riferita all'ampia percentuale di popolazione residente composta da Afroamericani, originariamente derivava dal colore molto scuro del terreno, di eccezionale fertilità, presente in questa regione, circostanza che incoraggiò l'insediamento di piantagioni di cotone nell'area. "*The Studio questions what should be built, rather than simply what can be built (…) the overarching philosophy of Rural Studio is that everyone, both rich and poor, deserves the benefit of good, dignified design*", https://cadc.auburn.edu/ [07.2020].

37 - A partire dal 2004 Rural Studio è impegnato nel progetto 20k Home, il cui nome rimanda al budget a disposizione (20.000 dollari) per realizzare una intera abitazione.

realizzata con l'impiego di elementi di riuso dagli studenti di Rural Studio è il Mason's Bend Community Centre, dove una delle falde di copertura è composta dall'accostamento di parabrezza di auto parzialmente sovrapposti tra loro (come illustrato in dettaglio nella schedatura di casi studio al paragrafo 8.3).

2.4. Conclusioni. La lunga storia di ingegno e creatività delle pratiche di reimpiego

Il riuso (o reimpiego, o riutilizzo) costituisce, in ambito architettonico, una strategia volta alla riappropriazione di un artefatto nel quale viene identificato un valore. Qualunque artefatto del passato più o meno lontano porta con sé, integrati alla sua forma e determinati dalle sue stesse caratteristiche "materiali", sia una funzione che un valore simbolico. Questi ultimi, insieme all'utilità che viene individuata nel bene, ne determinano un valore di risorsa, la quale motiva il nuovo, futuro, utilizzo, che deve garantire l'equilibrio tra le esigenze richieste e le prestazioni garantite.
Nel caso degli elementi edilizi, l'integrità, sia formale che funzionale, che viene loro conferita dalle modificazioni apportate alla materia per mezzo della tecnica umana, riveste una funzione fondamentale. Essa rappresenta la caratteristica che motiva e consente il reimpiego dei prodotti o componenti recuperati, strategia che comporta minori esternalità rispetto al riciclo, sia se adottata in termini di prevenzione (riuso diretto) che di riduzione (riuso indiretto). A tal proposito, la recente diffusione del termine *downcycling* intende sottolineare la limitata convenienza, in ottica di gestione circolare delle risorse, dei trattamenti attualmente impiegati per le operazioni di riciclo.
Nelle superfici urbane, il reimpiego di elementi edilizi consente di leggere la stratificazione delle culture che vi si sono susseguite nel tempo e, conseguentemente, della forma materiale che hanno impresso sulle tracce che compongono la memoria dell'ambiente costruito.
Quella che può apparire allo sguardo contemporaneo come un'operazione dalla finalità esclusivamente pratica, ovvero mirata a un risparmio di materiale, trasporti ed energia a parità di funzione svolta dall'elemento, rivela tuttavia sin dall'età antica altri significati. Le varie declinazioni del reimpiego, dal carattere più o meno consapevole, attraverso la conservazione dell'integrità formale e semantica del pezzo possono costituire un veicolo di informazioni. Alle motivazioni dettate dal "puro valore materiale" si associano, infatti, quelle dettate dal riconoscimento di un valore formale nell'elemento e quelle che vi individuano un valore simbolico, permettendo in alcuni casi anche una strumentalizzazione politica o religiosa dello stesso. La continuità dell'antico vede una transizione da spolia *in re* a spolia *in se*, attraverso la riproduzione dei modelli classici, mentre il reimpiego di elementi edilizi abbandona il terreno dell'architettura monumentale per restare confinato a quello dell'architettura diffusa.
Il Novecento costituisce un secolo dalla duplice fortuna per le pratiche di riuso. Il paradigma del Moderno, negando le relazioni con il luogo e con il tempo, cancella qualsiasi legame con la cultura materiale e con la storia dell'ambiente costruito, negando parimenti, a livello concettuale, sia l'utilità del passato nelle discipline del progetto che, conseguentemente, quella del reimpiego di elementi nell'ambito architettonico. Tuttavia, a partire dagli anni Sessanta, sull'onda della critica al consumismo e di una nuova coscienza degli impatti antropici sull'ambientale, il riuso trova terreno fertile in un'architettura che desidera, nuovamente, comunicare dei contenuti di matrice etica. La consapevolezza di vivere in un mondo dalle risorse naturali limitate, dominato da un modello economico che privilegia i consumi a fronte delle diseguaglianze sociali, determina una rinnovata attenzione nei confronti del riuso di elementi e materiali.
Dall'imprevista (e impertinente?) continuità delle pratiche di reimpiego

nell'architettura contemporanea derivano, come sottolinea Carbonara (2008) due considerazioni:

> la prima, tesa a 'reinventare' la pratica della demolizione stessa e le sue modalità, orientandola finalmente verso una forma di 'de-costruzione' ordinata e selettiva, materiale per materiale; ed una seconda, più generale, che vede le pratiche di reimpiego, recupero e riciclaggio come una necessità, una costante del fare umano, diversamente motivata nei differenti contesti storici ma pur sempre presente e, per molti versi, ineludibile anche in una società industrializzata e opulenta.

2.5. Bibliografia di capitolo

Abramson D.M., 2016. Obsolescence: an architectural history. Chicago; London: The University of Chicago Press

Altamura P., 2015. Costruire a zero rifiuti: strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia. Milano: Angeli

Antonini E., 2004. Valutazione dell'idoneità al reimpiego di componenti edilizi. In: Gangemi V. (ed.), *Riciclare in architettura: scenari innovativi della cultura del progetto*, pp. 115-121. Napoli: CLEAN

Baiani S., Altamura P., 2018. Superuse e upcycling dei materiali di scarto in architettura: progetto e sperimentazione. In: *Techné* 16, pp. 142-151. doi: 10.13128/Techne-23035

Banham R., 2005 [1960]. Architettura della prima età della macchina. Milano: Christian Marinotti Edizioni

Blake P., 1983 [1974]. La forma segue il fiasco: perché l'architettura moderna non ha funzionato. Firenze: Alinea

Belladelli L., 2012. Sull'utilità dell'inutile: Evoluzione dei Garbage Warriors nei Paesi Bassi. In: *Il Progetto Sostenibile* 30, pp. 44-49

Bruno M., Attanasio D., 2008. Il reimpiego nel Portico di Ottavia: i marmi del propileo orientale. In: Bernard J-F., Bernardi P., Esposito D., (eds.), *Il reimpiego in architettura: recupero, trasformazione, uso*, pp. 51-65. Atti del convegno, Roma 8-10 novembre 2007. Roma: École Française de Rome

Bucaille R., Pesez J.-M., 1978. Cultura materiale. In: *Enciclopedia,* vol. IV. Torino: Giulio Einaudi

Carbonara G., 2008. Premessa. In: Bernard J-F., Bernardi P., Esposito D., (eds.), *Il reimpiego in architettura: recupero, trasformazione, uso*, pp. 1-3. Atti del convegno, Roma 8-10 novembre 2007. Roma: École Française de Rome

Centanni M., 2017. Fantasmi dell'antico: la tradizione classica nel rinascimento. Rimini: Guaraldi

Ciancio Rossetto P., 2008. Portico d'Ottavia: un monumento esemplare per il 'recupero' e il 'reimpiego'. In: Bernard J-F., Bernardi P., Esposito D., (eds.), *Il reimpiego in architettura: recupero, trasformazione, uso*, pp. 255-262. Atti del convegno, Roma 8-10 novembre 2007. Roma: École Française de Rome

Colagrossi P., 1913. L'Anfiteatro Flavio nei suoi venti anni di storia. Firenze: Libreria editrice fiorentina; Roma: Libreria "Propaganda"

Cullen J.M., 2017. Circular Economy: Theoretical Benchmark or Perpetual Motion Machine? In: *Journal of Industrial Ecology*, 21 (3), pp. 483-486, doi: 10.1111/jiec.12599 [07.2020]

Cumo F., Sferra A. S., Pennacchia E., 2015. Uso disuso riuso: criteri e modalità per il riuso dei rifiuti come materiale per l'edilizia. Milano: Angeli

De Lachenal L., 1995. Spolia: uso e reimpiego dell'antico dal 3. al 14. Secolo. Milano: Longanesi

Di Battista V., 1992. Le discipline del costruito e il problema della continuità. In: Ciribini G. (ed.), *Tecnologie della costruzione*. Roma: NIS, pp. 151-168

Di Battista V., Fontana C., Pinto M.R. (eds.), 1995. Flessibilità e riuso. Firenze: Alinea

Di Battista V., 2006. Ambiente costruito: un secondo paradigma. Firenze: Alinea

Elsner J., 2000. From the culture of spolia to the cult of relics: the Arch of Constantine and the genesis of late antique forms. In: *Papers of the British School at Rome*, 68, pp. 149-184, doi: 10.1017/S0068246200003901

Esch A., 1998. Reimpiego. In: *Enciclopedia dell'arte medievale*, IX, pp. 876-883. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana

Esposito D., 2008. Introduzione. In: Bernard J-F., Bernardi P., Esposito D., (eds.), *Il reimpiego in architettura: recupero, trasformazione, uso*, pp. 251-254. Atti del convegno, Roma 8-10 novembre 2007. Roma: École Française de Rome

Ghyoot M., Devlieger L., Billiet L., Warnier A., 2018. Déconstruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

Giorgi S., Lavagna M., Campioli A., 2017. Economia circolare, gestione dei rifiuti e life cycle thinking: fondamenti, interpretazioni e analisi dello stato dell'arte. In: *Ingegneria dell'Ambiente,* vol. 4, 3/2017, pp. 263-276. doi: dx.doi.org/10.14672/ida.v4i3.1141

Hebel D., Wisniewska M.H., Heisel F., 2014. Building from waste: Recovered materials in architecture and construction. Basel: Birkhäuser

Imperadori M., 2001. Costruire sul costruito: tecnologie leggere nel recupero edilizio. Roma: Carocci

Irace F., 1984. La conservazione del moderno: Stuttgart Weissenhof case study. *Domus* 649, pp. 2-5

Jencks S., Silver N., 2013 [1972]. Adhocism: The case for improvisation. London: The MIT press

Kirchherr J., Reike D., Hekkert M., 2017. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. In: *Resources, Conservation & Recycling* 127, pp. 221-232. doi: https://doi.org/10.2139/ssrn.3037579

Kirsch K., 2013. The Weissenhofsiedlung: experimental housing built for the Deutscher Werkbund, Stuttgart, 1927. Stuttgard; London: Axel Menges

Liverani P., 2004. Reimpiego senza ideologia. La lettura antica degli spolia, dall'Arco di Costantino all'età di Teodorico. In: *Mitteilungen des Deutschen Archaologischen Instituts - Romische Abteilung*, vol. 111, pp. 383-434

Magni C., 2016. Osservare l'abitare informale. Santancargelo di Romagna: Maggioli

Manzini E., 1990. Artefatti: verso una nuova ecologia dell'ambiente artificiale. Milano: Domus Academy

Monsù Scolaro A., 2017. Progettare con l'esistente: riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare. Milano: Franco Angeli

Montelli E., 2009. Impiego dei mattoni nella Casa dei Crescenzi in Roma. In: Huerta S., Marín R., Soler R., Zaragozá A. (eds.), *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (Valencia 21-24 octubre 2009), vol. II, pp. 909-918

Mostafavi M., Leatherbarrow D., 1993. On weathering: the life of buildings in time. Cambridge; London: MIT Press

Nardi G., 1994. Le nuove radici antiche: saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura. Milano: Franco Angeli

Norberg-Schulz C., 1979. Genius Loci. Milano: Electa

Oppenheimer A., Hursley T., 2002. Rural Studio: Samuel Mockbee and an Architecture of Decency. New York: Princeton Architectural Press

Paleari M., Campioli A., 2015. Salvaguardare e riqualificare il suolo. Dalle strategie insediative alla gestione dei processi di dismissione del costruito. In: *Techné* 10, pp. 232-239.

Parlamento Europeo, 2008. Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008, relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, L 312, 22 novembre 2008.

Pasini G., 2005. Continuità, distanza, conoscenza. In: Centanni M. (ed.), *L'originale assente: introduzione allo studio della tradizione classica*, pp. 75-108. Milano: Mondadori

Pawley M., 1982. Building for tomorrow: putting waste to work. San Francisco: Sierra Club Books

Pinto M.R., 1995. Il riuso edilizio: procedure, metodi esperienze. Torino: UTET

Ponte A., 2006. Arte e rifiuti. L'arte e le strategie di recupero, riciclaggio e riuso, 1970-2006. In: *Lotus International* 128, p. 18

Rea R., 1999. Il Colosseo. Destrutturazione e riuso tra IV e VIII secolo. In: *Mélanges de l'École française de Rome. Moyen Age*, vol. 111, pp. 183-195, doi: https://doi.org/10.3406/mefr.1999.3685

Reike D., Vermeulen W.J.V., Witijes S., 2018. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. In: *Resources, Conservation & Recycling* 135, pp. 246–264. doi: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027

Sadler S., 2006. Drop City revisited. In: *Journal of Architectural Education*, 58 (1), pp.5-14

Sargent Wood L., 2012. A More Perfect Union: Holistic Worldviews and the Transformation of American Culture after World War II. Oxford: OUP

Scalvini M.L., 1984. Il nuovo di ieri. In: *Domus* 649, pp. 2-5

Settis S., 1994. Continuità dell'antico. In: *Enciclopedia dell'arte antica, Il Supplemento 1971-1994*, 250-260. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana.

Stahel W., 2019. The circular economy: a user's guide. Edited by The Ellen MacArthur Foundation. New York: Routledge

van Hinte E., Jongert J., Pereen C., 2007. Superuse: constructing new architecture by shortcutting material flows. Rotterdam: 010 Publishers

Zanetti M., 2010. Architetture di scarto: Riciclaggio e progetto da Drop City a Lot-ek. Tesi di dottorato, A.A. 2008-2009, Scuola di Dottorato di Ricerca in Scienze dell'Uomo, del Territorio e della Società, Università degli Studi di Trieste. http://hdl.handle.net/10077/3493 [07.2021]

3. Circolarità delle risorse materiali in edilizia: strategie, politiche e normative

> *Una politica dei prodotti sostenibili ha inoltre il potenziale di ridurre in modo significativo i rifiuti. Laddove non si possa evitare la produzione di rifiuti, se ne deve recuperare il valore economico, azzerandone o minimizzandone l'impatto sull'ambiente e i cambiamenti climatici (Commissione Europea, 2019).*

3.1. Quadro delle strategie e politiche europee

3.1.1. Impatti ambientali del ciclo di vita dei prodotti

Con l'apertura del nuovo millennio, la Commissione Europea (2001) adotta il Libro Verde sulla Politica Integrata dei Prodotti (*Integrated Product Policy*, *IPP*), al fine di "promuovere lo sviluppo di un mercato di prodotti più ecologici" scegliendo un approccio che "tenta di ridurre l'impatto ambientale dei prodotti nell'arco dell'intero ciclo di vita"[1]. La necessità di adottare una comune IPP appare necessaria per limitare le esternalità ambientali associate alle attività che caratterizzano i processi produttivi in tutte le fasi, dal prelievo di risorse naturali allo smaltimento finale, individuando in tale criterio uno strumento in grado di incrementare la competitività dell'industria europea.
Due anni più tardi (Commissione Europea, 2003), all'interno della cornice della Politica Integrata dei Prodotti, l'LCA (*Life Cycle Assessment*, Analisi del Ciclo di Vita) sarà indicato come "il migliore strumento attualmente a disposizione per determinare i potenziali impatti ambientali dei prodotti"[2], comportando una svolta fondamentale negli indirizzi per la gestione delle risorse materiali. Tale posizione riconosce infatti la necessità di adottare politiche ambientali che non si concentrino unicamente sulla riduzione dei danni di alcuni risvolti episodici, come le grandi fonti di inquinamento puntuali. Al contrario, la strategia promossa incoraggia una visione complessiva, che prende in considerazione le esternalità generate dai prodotti a partire dai processi di estrazione delle materie prime impiegate per fabbricarli fino al termine della loro vita utile: "se da un lato l'esatta natura di questo impatto è complessa e difficile da quantificare, dall'altro è evidente la potenziale ampiezza del problema (Commissione Europea, 2003)".
L'esigenza espressa dalla IPP di considerare in tale prospettiva tutti i processi

1 - Va evidenziato come il documento esprima con chiarezza che "rendere i prodotti più compatibili con l'ambiente è innanzitutto e principalmente compito dell'industria e dei consumatori, visto che le principali decisioni sull'impatto ambientale dei prodotti vengono prese negli studi di progettazione e nei negozi. Quando il prodotto è commercializzato il margine di manovra per migliorarne le caratteristiche ambientali è relativamente esiguo" (Commissione Europea, 2001).

2 - https://ec.europa.eu/environment/ipp/lca.htm [07.2020].

collegati al ciclo di vita dei prodotti è dettata dal notevole incremento, registrato nei decenni precedenti, sia del volume di produzione che dei consumi[3]. In particolar modo, a determinare la necessità di un nuovo approccio sono l'aumento dei prodotti, in quantità e varietà, l'ideazione sempre più frequente di nuovi tipi di prodotto[4], l'incremento della complessità degli stessi e le dinamiche proprie del mercato globale (Commissione Europea, 2003). Tali circostanze inducono, a livello ambientale, l'impoverimento del capitale naturale[5] a fronte di un aumento di rifiuti ed emissioni, svelando come la crescita del mercato costituisca un'arma a doppio taglio nel momento in cui dimostra di non saper ridurre (o non *poter* ridurre) la propria impronta ecologica.

È per questo importante integrare la IPP con il *Life-Cycle Thinking* (LCT), approccio che "considera il ciclo di vita di un prodotto e mira a ridurre l'impatto ambientale complessivo ('dalla culla alla tomba'), cercando nel contempo di evitare che le iniziative incentrate su singole fasi del ciclo di vita si limitino semplicemente a trasferire il carico ambientale su altre fasi" (Commissione Europea, 2003). Questa strategia può essere applicata sia a prodotti che a servizi, sviluppando al contempo degli strumenti per informare i consumatori così da favorire scelte consapevoli, da parte loro, tra le alternative disponibili sul mercato[6]. La Comunicazione distingue l'LCT dall'LCA, *Life Cycle Assessment*, definendola quale analisi che "implica la quantificazione e la valutazione degli impatti ambientali di un prodotto lungo l'intero ciclo di vita, anche se, per motivi pratici, entro limiti ben definiti"[7].

La promozione dell'LCT quale strumento in grado di indurre una progettazione più consapevole dei prodotti, in termini ambientali, fornisce un impulso alla nascita di politiche europee sensibili alle strategie di prevenzione dei rifiuti. Al contempo, la tematica del fine vita dei beni viene affrontata incentivando la gestione dei rifiuti attraverso i processi di riciclo. Questo duplice approccio è ritenuto necessario poiché "nonostante i notevoli passi in avanti realizzati, i volumi dei rifiuti sono globalmente in aumento e il quantitativo assoluto di rifiuti conferiti in discarica non sta calando[8]" (Commissione Europea, 2005a). Inoltre,

3 - Una sorta di condizione auto-alimentante, come esaminato nel paragrafo 1.1.

4 - "Il ciclo di innovazione dei prodotti è spesso ancora più breve (…) una politica di prodotto deve sfruttare questa creatività nell'interesse dell'ambiente oltre che dell'economia" (Commissione Europea, 2003).

5 - Per approfondire questo concetto si rimanda alle riflessioni contenute nel paragrafo 1.1, in particolar modo a quelle di Schumacher riferite alla distinzione di taglio economico tra rendita e capitale, "il pianeta è il capitale insostituibile che l'uomo non ha prodotto ma semplicemente trovato e senza cui nulla può fare". Elemento complementare di questo concetto è il "capitale artificiale" [*manufactured capital*] inteso come l'insieme dei beni prodotti dall'attività antropica (si veda il paragrafo 1.2).

6 - Tra questi figurano i marchi ed etichette ambientali come l'*ecolabel* e l'etichetta energetica comunitaria, mentre in merito alla EPD (*Environmental Product Declaration*) viene menzionato come necessario un ulteriore sviluppo. Inoltre, per via del suo peso in termini di PIL comunitario, il settore pubblico è individuato come un segmento da sfruttare per la diffusione di prodotti e servizi più ecologici, attraverso il controllo degli appalti.

7 - Le origini di questo tipo di valutazione ambientale risalgono agli anni Sessanta e sono note, fino alla codificazione e ampia diffusione avvenuta una trentina di anni dopo, come *Resource and Environmental Profile Analysis* (REPA) o Ecobilanci (Bjørn et al. 2018). Le prime applicazioni sono caratterizzate da una metodologia non ancora armonizzata e consistono nella realizzazione di un inventario che registra, per ciascun processo inerente un determinato prodotto, sia l'utilizzo di materiale ed energia che le emissioni e i rifiuti generati. Con gli anni gli inventari diventano sempre più articolati e i risultati che ne emergono sono trasposti in termini di possibili impatti ambientali, per ciascuna categoria dei quali sono definiti degli indicatori: progressivamente, l'ambizione di questo metodo diviene quella di quantificare tutti gli impatti rilevanti, al fine di evitare dinamiche di *problem shifting* (Bjørn et al. 2018).

8 - Nel 2005 il 49% dei rifiuti urbani nella UE viene smaltito in discarica (Commissione Europea,

"l'aumento dei volumi di produzione è stato spesso più rapido dei progressi sul piano ambientale o degli incrementi di efficienza" (Commissione Europea, 2005b). È dunque necessario far fronte a tale circostanza attraverso "una strategia a lungo termine che integri l'impatto ambientale dell'uso delle risorse naturali, compresa la loro dimensione esterna" (Commissione Europea, 2005b), poiché solo una visione complessiva delle fasi attraversate da un bene nell'arco della sua vita "economica" consente di individuarne le esternalità ed evitare le ripercussioni negative in ambito ecologico.
Le linee di indirizzo europee individuano, in questo senso, due elementi cardine: la perimetrazione del concetto di rifiuto, determinando quando cessi di essere tale a seguito di processi di trattamento, e l'istituzione di criteri ambientali per incoraggiare le imprese a produrre prodotti riciclati a essi conformi. Ciò vale in particolar modo per alcuni flussi di rifiuti dagli impatti considerevoli, che possono trarre benefici ambientali, ma anche economici, dalla determinazione di tali principi, tra i quali l'aggregato riciclato (Commissione Europea, 2005a). Obbiettivo generale di questa strategia, mirata a garantire la gestione durevole delle risorse, è ottenere il *decoupling*, definito come la riduzione degli impatti ambientali negativi prodotti dall'uso delle risorse naturali in un'economia in espansione[9] (Commissione Europea, 2005b). Si tratta di una visione che concerne in particolar modo l'ambiente costruito, poiché "è nelle aree urbane che gli aspetti ambientali, economici e sociali sono maggiormente interconnessi"[10] e molte delle città europee condividono gli stessi problemi ambientali, tra i quali "cattiva qualità dello spazio edificato, presenza di terreni abbandonati, emissioni di gas serra, proliferazione urbana" (Commissione Europea, 2005c). È dunque nei contesti urbani che viene individuata, quale prioritaria, la necessità di lavorare sul tema della riduzione e del riciclo dei rifiuti in prospettiva di ciclo di vita.

3.1.2. Efficienza delle risorse materiali e Piani d'Azione per l'Economia Circolare

Il presente paragrafo tratta le principali politiche europee che affrontano la gestione delle risorse materiali in edilizia, contestualizzandole nel quadro generale delle strategie dell'Unione volte al decremento delle esternalità ambientali. Una prima parte è dedicata alla progressiva evoluzione delle politiche in termini di gestione efficiente delle risorse, per approfondire poi le politiche strettamente legate ai temi della circolarità e le loro ricadute sugli indirizzi più recenti

Strategia Europa 2020 (2010)
Nel 2008 il Parlamento Europeo approva il Pacchetto per il Clima e l'Energia, inserito dalla Commissione Europea all'interno della Strategia Europa 2020 "per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva" (Commissione Europea, 2010). Quest'ultima intende promuovere una economia più efficiente sotto il profilo delle risorse attraverso il raggiungimento dei cosiddetti "traguardi 20-20-20", i quali prevedono entro il 2020 di "ridurre le emissioni di gas a effetto serra almeno del 20% rispetto ai livelli del 1990 o del 30%, se sussistono le necessarie condizioni; portare al 20% la quota delle fonti di energia rinnovabile nel nostro consumo finale

2005a).

9 - Tale concetto è stato discusso nel paragrafo 1.2, mettendo in evidenza come, nonostante siano passati quindici anni, il raggiungimento di questo obbiettivo sia ancora lontano.

10 - Come trattato introducendo il concetto di metabolismo urbano al paragrafo 1.2.3.

di energia e migliorare del 20% l'efficienza energetica"[11]. Ciò alla luce del fatto che "un uso più efficiente delle risorse contribuirebbe in misura considerevole a ridurre le emissioni, a far risparmiare denaro e a rilanciare l'economia" costituendo al tempo stesso una misura efficace nel quadro del contrasto al cambiamento climatico[12]. A questo scopo, sono stabiliti degli obbiettivi nazionali di riduzione delle emissioni[13], che variano a seconda del reddito nazionale e riguardano i settori non compresi nell'*ETS* (*Emission Trading System*, Sistema di scambio di quote di emissione), tra i quali sono annoverati quello edilizio e quello della gestione dei rifiuti.

Un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (2011)

L'iniziativa faro "Un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse" fa parte dei sette strumenti individuati dalla Strategia Europa 2020[14]: suo obbiettivo è quello di introdurre delle modifiche nell'attuale modello di utilizzo delle risorse per limitare le notevoli pressioni antropiche sul pianeta, in particolar modo nel caso di quelle non rinnovabili (Commissione Europea, 2011a). L'iniziativa individua tre strumenti da impiegare per avviare una transizione verso un'economia più sostenibile: la riduzione dei fattori di produzione, la minimizzazione della produzione dei rifiuti e la modificazione dei modelli di consumo. La fase progettuale dei prodotti è considerata fondamentale per ridurre la domanda di materie prime e di energia, nonché per influire sulla durabilità e sulla facilità di riciclo dei beni. Appare inoltre necessario porre attenzione all'equilibrio tra costi e benefici in termini energetici, prestando attenzione a tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto[15]. In merito alla gestione sostenibile del fine vita, l'iniziativa incentiva le pratiche di riciclo, individuando in tale processo la capacità di ridurre la domanda di materie prime e di veicolare una forma di reimpiego di valore dei materiali. Questa, se adeguatamente governata, può contribuire a "ridurre il consumo di energia e

11 - Eurostat permette di registrare i progressi ottenuti rispetto a tutti i target di Europa 2020 (i quali, oltre agli obbiettivi ambientali, comprendono anche dei traguardi nell'ambito di occupazione, investimento in ricerca e sviluppo, istruzione ed inclusione sociale). I dati del 2019 permettono di verificare che le emissioni di gas effetto serra sono diminuite di più del 20% rispetto al 1990, dimostrando di raggiungere l'obbiettivo previsto. Tuttavia, la quota di energie rinnovabili nel totale del consumo finale di energia si è fermata al 18% e i risultati in materia di efficienza energetica, seppur temporaneamente raggiungi nel 2014, non sono stati conseguiti. https://ec.europa.eu/eurostat/web/europe-2020-indicators/europe-2020-strategy/headline-indicators-scoreboard [12.2020].

12 - "Come abbiamo constatato negli ultimi decenni, l'impiego intensivo delle risorse mondiali, in particolare delle risorse non rinnovabili, esercita pressioni sul nostro pianeta e minaccia la sicurezza di approvvigionamento. Non è possibile proseguire con i nostri modelli attuali d'impiego delle risorse" (Commissione Europea, 2011a).

13 - https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_it [07.2020] Dai dati forniti, le emissioni dei GHGs risultano ridotte (per l'Unione) del 23% tra il 1990 e il 2018, con l'esclusione delle emissioni prodotte dal settore dell'aviazione internazionale che al 2018 risultano incrementate del 19% in cinque anni. Il programma prevede il monitoraggio dell'andamento di ciascun Paese membro in relazione ai target prefissati, stimando inoltre le proiezioni al 2030.

14 - Le altre sei sono dedicate: a ricerca e innovazione, giovani nel mercato del lavoro, digitalizzazione, imprenditoria e PMI, occupazione, coesione sociale. L'iniziativa "Un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse" si caratterizza per l'azione sul doppio fronte della decarbonizzazione e delle risorse materiali, che saranno rispettivamente sviluppati dalla "Tabella di marcia verso una economia competitiva a basse emissioni di carbonio nel 2050" e dalla "Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse", approfondite nel paragrafo 3.1.

15 - Per esempio, "materiali più isolanti possono ridurre in misura considerevole il quantitativo di energia necessario per riscaldare un edificio, ma la loro produzione richiede un impiego più intensivo di energia" (Commissione Europea, 2011a)

le emissioni di gas a effetto serra nei processi di estrazione e lavorazione" delle risorse. Sul fronte dei consumi, incorporando nel prezzo dei prodotti i relativi costi ambientali è possibile favorire la consapevolezza negli acquisti da parte dei consumatori e orientare le scelte verso alternative più sostenibili.

Roadmap per un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (2011)

Ambiziosa[16] strategia rivolta all'impiego efficiente delle risorse, la omonima Tabella di Marcia del 2011 (Commissione Europea, 2011c) restituisce un quadro secondo il quale "entro il 2050 l'economia dell'UE sarà cresciuta in maniera da rispettare i vincoli imposti dalle risorse e i limiti del pianeta (…) tutte le risorse – materie prime, energia, acqua, aria, terra e suolo – saranno gestite in modo sostenibile".

Seppur riconoscendo l'interdipendenza tra il capitale naturale e la sfera antropica, l'approccio della Tabella di marcia rispecchia un obbiettivo di efficientamento dei processi proprio della green economy (fig. 3.1), suggerendo che la crescita economica non costituisca ostacolo all'uso sostenibile delle risorse e ritenendo dunque possibile il *decoupling*. Tuttavia, essa introduce anche alcuni concetti propri dell'approccio circolare, al fine di incentivare una più efficace gestione del fine vita dei prodotti. Ciò vale in particolar modo per specifici flussi di rifiuti dei quali la *Roadmap* rileva un trend di considerevole aumento, tra i quali figurano quelli derivanti da attività di C&D. La Comunicazione stabilisce che, nell'ottica di considerare gli scarti quali risorse da reintrodurre nella filiera, per la loro gestione vada attribuita una priorità ai processi di riuso e di riciclaggio (Commissione Europea, 2011c). Si tratta dunque di una strategia che promuove prima la prevenzione e poi alla riduzione degli scarti, volta inoltre alla promozione di strumenti atti a contabilizzare il capitale naturale e i servizi ecosistemici, così da considerarne il valore economico all'interno dei processi economici.

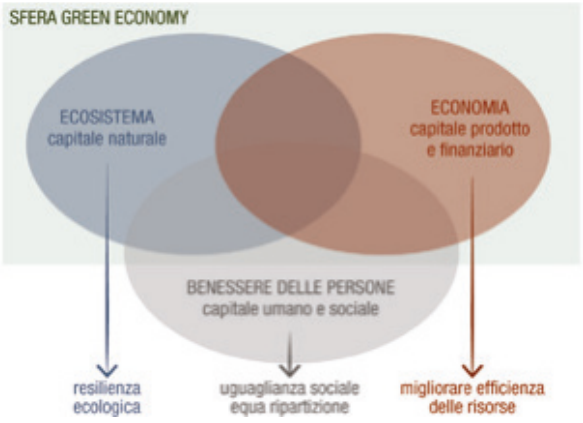


Fig. 3.1. Sfera d'azione della green economy in relazione alla triple bottom line della sostenibilità (Commissione Europea, 2011c)

> Occorre pertanto consolidare le strategie intese a promuovere l'efficienza *energetica* e l'uso di energie rinnovabili negli edifici e integrarle con strategie per promuovere l'efficienza delle *risorse*, che prendono in considerazione una gamma più ampia di impatti ambientali durante il ciclo di vita degli edifici e delle infrastrutture (Commissione Europea, 2011c).

Al fine di conseguire questo duplice obbiettivo la Tabella di marcia individua tre strategie utili per il settore edilizio:

a. l'impiego di materiali sostenibili di maggior qualità;
b. un riciclo più efficiente dei rifiuti da C&D; e
c. il perfezionamento dei prodotti e delle costruzioni stesse in fase progettuale.

Competitività, sostenibilità ed efficienza delle risorse in edilizia (2012-2014)

L'approccio volto a affrontare le esternalità del settore delle costruzioni in modo integrato individua nelle fasi di produzione, trasporto, uso e dismissione dei prodotti destinati alle costruzioni "un impatto rilevante dal punto di vista

16 - Suo obbiettivo è la riduzione dell'80% delle emissioni interne all'Unione (rispetto al 1990).

dell'energia, dei cambiamenti climatici e dell'ambiente" (Commissione Europea, 2012). Se infatti "per la costruzione e l'uso degli edifici nell'UE si utilizza circa la metà dei materiali estratti", il settore "genera inoltre circa un terzo di tutti i rifiuti ed è associato a pressioni ambientali che insorgono in fasi diverse del ciclo di vita di un edificio, fra cui la fabbricazione dei prodotti da costruzione, la costruzione, l'uso, la ristrutturazione dell'edificio nonché la gestione dei rifiuti edili" (Commissione Europea, 2014a).



Fig. 3.2. Impianto di frantumazione e separazione inerti riciclati, Brenta Lavori (PD), 2020

La transizione verso un'economia con un più efficiente uso delle risorse si rivela quale potenziale opportunità di crescita per il settore delle costruzioni, seppur questa circostanza necessiti il superamento di alcuni ostacoli. Tra questi figurano "la carenza di lavoratori qualificati in molte imprese, la scarsa attrattività che il comparto esercita sui giovani a causa delle condizioni di lavoro, la limitata capacità di innovazione e il fenomeno del lavoro sommerso" (Commissione Europea, 2012)[17]. È dunque necessario formare una manodopera in grado di far fronte alle nuove competenze richieste nel settore e di sostituire l'enorme quota di risorse che andrà in pensionamento nei prossimi decenni. Questa prospettiva acquisisce maggior rilievo se si considera che l'industria va orientata verso sistemi o soluzioni costruttive che facilitino la decostruzione degli edifici per massimizzare il riuso e il recupero dei prodotti e materiali (Commissione Europea, 2012), approccio da incentivare anche sotto il profilo progettuale.

La Commissione Europea (2014b) individua alcuni ambiti nei quali è possibile agire per ridurre il consumo di risorse durante l'intero ciclo di vita di un edificio. Questi sono riconducibili ai vari *step* del processo progettuale e costruttivo, dalla fase di progettazione a quella di cantiere, in cui l'uso delle risorse va calibrato tenendo in considerazione gli scenari di demolizione selettiva[18], nonché le possibilità offerte da riciclato (fig. 3.2) e reimpiego di prodotti. La convenienza economica dei processi di riciclo è tuttavia subordinata al contesto locale, dato che frequentemente è la distanza di collocazione degli impianti di trattamento, unita alla relativa incidenza sui costi di trasporto e alla capacità degli impianti stessi di garantire un determinato livello di purezza della MPS, a costituire una alternativa interessante rispetto al conferimento in discarica. La Comunicazione evidenzia inoltre due criticità:

> *il costo del danno ambientale* dettato da questi processi [di riciclo] non è internalizzato nelle tasse sulle discariche né nei costi dei materiali vergini, il che si traduce in un costo maggiore dei materiali riciclati rispetto a quelli vergini; e *gli incentivi frammentati* della catena del valore dei rifiuti di costruzione e di demolizione, ove i costi sostenuti per smantellare, differenziare e trasformare i rifiuti sono sostenuti essenzialmente nella fase

17 - La Strategia per la competitività del settore delle costruzioni (Commissione Europea, 2012) evidenzia inoltre come la situazione sia caratterizzata negativamente dagli effetti della crisi economica e dalla concorrenza di operatori internazionali nel mercato interno, beneficiando tuttavia delle dinamiche innovative generate dalle problematiche energetiche e ambientali che si sono rivelate fattore chiave per la concorrenza sul mercato.

18 - Per demolizione selettiva si intende "la rimozione dei materiali da un sito di demolizione in una sequenza predeterminata, in modo da massimizzare le prestazioni di recupero e riciclo" (Commissione Europea, 2018b).

> di demolizione mentre i benefici potenziali dell'uso di materiali riciclati si riscontrano di norma nella fase di produzione. Queste lacune (…) impediscono di investire nelle operazioni di demolizione selettiva e differenziazione, lasciando così che lo smaltimento in discarica e il riempimento restino le alternative privilegiate. Le imprese di demolizione si trovano in tal modo ad affrontare l'incertezza in merito alla domanda anche se il prezzo dei materiali riciclati potrebbe garantire profitti per il fabbricante (Commissione Europea, 2014a).

Per ovviare a tali circostanze sono promossi l'aumento degli oneri per il conferimento in discarica e l'integrazione del costo ambientale esterno nel prezzo dei materiali vergini impiegati per i prodotti, così da stimolare il ricorso a MPS. La Commissione Europea rimarca inoltre (2014b) come l'energia impiegata per fabbricare i prodotti da costruzione svolga "anch'essa un ruolo di rilievo nell'impatto ambientale globale di un edificio" dato che "il 5-10% del consumo energetico totale in tutta la UE" è connesso a questi processi. Tale energia contribuisce all'energia incorporata di prodotti e componenti, che viene "stoccata" nell'edificio fino a quando non giunga il fine vita di quest'ultimo.

Living well within our planet (2013)

Nel 2013 entra in vigore il 7° Programma generale di azione in materia di ambiente (*Environmental Action Program*, EAP) "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta" (Parlamento Europeo, 2013). Esso ribadisce la necessità di tenere in considerazione le esternalità ambientali al fine di gestire in modo sostenibile il capitale naturale e realizzare il *decoupling*. Infatti "mentre a livello di Unione sono stati compiuti dei progressi nel dissociare la crescita dalle emissioni di gas a effetto serra, (…) l'uso delle risorse è tutt'ora in gran parte insostenibile e inefficiente, mentre i rifiuti non sono gestiti al meglio". Lo sviluppo del 7° EAP si basa su tre obbiettivi cardine:

a. proteggere, conservare e migliorare il capitale naturale dell'Unione;
b. trasformare l'Unione in un'economia a basse emissioni di carbonio, efficiente nell'impiego delle risorse, competitiva;
c. proteggere i cittadini dell'Unione da pressioni e rischi d'ordine ambientale per la salute e il benessere.

Il secondo obbiettivo ribadisce la necessità di adottare misure volte a migliorare le prestazioni ambientali di beni e servizi nel corso del loro ciclo di vita, evidenziando l'importanza della fase progettuale nel determinare le esternalità ambientali dei prodotti, introducendo il tema di una gestione circolare di questi ultimi:

> Visto che l'80 % di tutti gli impatti ambientali associati a un prodotto nel suo ciclo di vita si decide in fase di progettazione [è necessario che in questa fase si tenga conto] anche di aspetti quali la sostenibilità, la riparabilità, la riusabilità, la riciclabilità, la presenza di contenuto riciclato e la durata di vita dei prodotti (Parlamento Europeo, 2013).

In merito al settore edilizio, viene rimarcata l'importanza di indurre "cambiamenti strutturali a livello di produzione, tecnologia e innovazione nonché di modelli di consumo e stili di vita", impiegando a tal riguardo indicatori relativi all'impronta idrica, l'impronta sui materiali e l'impronta di carbonio. Gli appalti pubblici sono definiti un settore trainante per veicolare delle *best practice* in termini di sostenibilità attraverso l'impiego dei criteri ambientali. Viene inoltre rilevato un "grande potenziale di miglioramento della prevenzione e della gestione dei

rifiuti nell'Unione per giungere a un miglior utilizzo delle risorse", obbiettivo da raggiungere per mezzo di misure che favoriscano la prevenzione dei rifiuti, il riciclaggio (garantendone l'elevata qualità) e il riutilizzo, limitando al contempo il recupero di energia da materiali non riciclabili e il conferimento in discarica.
Il 7° EAP esprime inoltre l'esigenza di "progredire verso un'economia 'circolare' basata sul ciclo di vita, con un uso senza soluzione di continuità delle risorse e rifiuti residui" (Parlamento Europeo, 2013).

Piani d'Azione per l'Economia Circolare (2015; 2020)
La "transizione verso un'economia più circolare, in cui il valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse è mantenuto quanto più a lungo possibile e la produzione di rifiuti è ridotta al minimo" rappresenta il nucleo del Piano d'Azione dell'Unione Europea, "L'anello mancante" (Commissione Europea, 2015). Essa consente, infatti, di conseguire numerosi benefici, assicurando da un lato al sistema produttivo di non incorrere in una scarsità di risorse e di offrire occupazione, dall'altro di conseguire risparmi in termini energetici e di materiale. Tra gli obbiettivi principali del Piano d'Azione vi sono la riduzione del collocamento in discarica e l'incremento dei processi di preparazione per il riutilizzo e di riciclaggio dei rifiuti, soprattutto nel caso dei flussi materiali più considerevoli e dei settori critici, tra cui quello delle costruzioni. In particolar modo, "saranno sistematicamente valutati aspetti quali la riparabilità, la durabilità, la possibilità di rimessa a nuovo e di riciclaggio o l'identificazione di determinati materiali o sostanze" (Commissione Europea, 2015). Nell'ambito delle costruzioni, la lunga durata di vita degli edifici determina la necessità di una adeguata progettazione degli stessi, al fine di ridurne l'impatto ambientale e di migliorare, per contro, durabilità e riciclabilità dei componenti. Inoltre, "sebbene molti materiali [da C&D] siano riciclabili o riutilizzabili, i tassi di riutilizzo e riciclaggio variano notevolmente all'interno dell'Unione". Una delle problematiche rilevate è quella della mancata identificazione dei materiali di valore nel corso delle demolizioni, che andrebbero raccolti separatamente e recuperati.
Tali indirizzi sono ribaditi dal Nuovo Piano d'Azione per l'Economia Circolare (Commissione Europea, 2020a), il quale incoraggia l'estensione di questo modello agli operatori economici tradizionali per l'apporto che tale strategia può fornire alla neutralità climatica entro il 2050. Il documento presenta un quadro strategico in materia di progettazione sostenibile dei nuovi beni, contribuendo in tal modo "a trasformare i modelli di consumo in modo da evitare innanzitutto la produzione di rifiuti", dato che "il modello lineare prendi-produci-usa-getta non incentiva adeguatamente i produttori a incrementare la circolarità dei loro prodotti". È inoltre essenziale il "miglioramento della durabilità, della riutilizzabilità, della possibilità di *upgrading* e della riparabilità dei prodotti (...) e l'aumento della loro efficienza sotto il profilo energetico e delle risorse". A tali strategie può essere affiancata la digitalizzazione delle informazioni inerenti ai materiali impiegati, attraverso alcune soluzioni tra cui i passaporti digitali[19].
Alla sfera delle costruzioni è imputato il 50% circa delle estrazioni di materiale e, al contempo, oltre il 35% della produzione totale di rifiuti dell'Unione. Le ricadute dei processi produttivi ed edilizi contribuiscono a generare tra il 5 e il 12% delle emissioni nazionali di GHGs[20] (Commissione Europea, 2020a). In

19 - Si veda il paragrafo 5.1.

20 - Il tema dei *GreenHouse Gas* (gas effetto serra) sarà dettagliato nel paragrafo 4.1.

virtù di tali circostanze, un settore edilizio più sostenibile e circolare può indurre notevoli vantaggi trasversali di tipo trasversale: dal clima all'efficienza di energia e risorse, dalla gestione di rifiuti da C&D alla digitalizzazione. A tale scenario contribuiranno la prevista revisione del Regolamento sui Prodotti da Costruzione (*Construction Products Regulation*, CPR), la creazione di registri digitali per i fabbricati, la revisione degli obbiettivi di recupero dei materiali da C&D[21], il riesame dei criteri che stabiliscono le condizioni per cui un rifiuto cessi di essere tale[22].

European Green Deal (2019)

Il Green Deal Europeo (Commissione Europea, 2019), propone una visione generale volta a coniugare l'efficienza in ambito energetico con quella di gestione delle risorse, realizzando una transizione in tutti i settori economici al fine di conseguire la decarbonizzazione prevista entro il 2050 (Commissione Europea, 2011b; Commissione Europea, 2018a), dissociare la crescita dall'impiego intensivo delle risorse e, al tempo stesso, proteggere e conservare il capitale naturale dell'UE. Le linee di indirizzo incoraggiano la riconfigurazione dei settori economici dai maggiori impatti[23], tra i quali quello edilizio, al fine di aumentare il valore attribuito alla protezione dell'ecosistema, alla sostenibilità dei modelli di produzione e consumo e alla salute umana. Il settore delle costruzioni può contribuire in modo particolare a due delle azioni individuate dal Green Deal, ovvero:

a. spingere l'economia verso un modello più pulito e circolare; e
b. conseguire la duplice efficienza in termini di energia e risorse nelle costruzioni e ristrutturazioni.

La transizione verso la circolarità si dimostra cruciale, se si considera che "tra il 1970 e il 2017 l'estrazione di materiali a livello mondiale è triplicata ed è in continua crescita, costituendo fonte di gravi rischi a livello globale. Circa la metà delle emissioni totali di gas a effetto serra e più del 90 % della perdita di biodiversità e dello stress idrico sono determinati dall'estrazione di risorse e dai processi di trasformazione di materiali, combustibili e alimenti" (Commissione Europea, 2019). Per contro, l'economia è inoltre ancora "troppo lineare e dipendente dal flusso di nuovi materiali estratti, scambiati e trasformati in merci e, infine, smaltiti come rifiuti o emissioni. Soltanto il 12 % dei materiali utilizzati proviene dal riciclaggio". È necessario porre rimedio a questo scenario promuovendo una progettazione dei prodotti che dia "priorità alla riduzione e al riutilizzo dei

21 - Attualmente, la Direttiva 2008/98/CE, approfondita nel paragrafo 3.2, determina all'art.11 come "entro il 2020 la preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio e altri tipi di recupero di materiale, incluse operazioni di colmatazione che utilizzano i rifiuti in sostituzione di altri materiali, di rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi, escluso il materiale allo stato naturale definito alla voce 17 05 04 dell'elenco dei rifiuti, sarà aumentata almeno al 70 % in termini di peso" (Parlamento Europeo, 2008). Il quadro di monitoraggio per l'economia circolare (COM (2018) 29) dichiara a tal proposito che 20 Stati Membri hanno già raggiunto tale obbiettivo e che "si tratta di un segnale positivo se si tiene conto del fatto che - in termini di peso - questo è il flusso di rifiuti più consistente nell'UE. Tuttavia, va osservato che l'obiettivo comprende il riempimento, una pratica che non tiene conto del valore dei materiali nell'economia e che pertanto non favorisce l'economia circolare" (Commissione Europea, 2018).

22 - Tale criterio prende il nome di "cessazione della qualifica di rifiuto" ed è noto anche come criterio *End of Waste*, EOW. Esso assume una fondamentale importanza nello stabilire quando un materiale riciclato può essere reimmesso nel mercato come prodotto sulla base di determinati requisiti tecnici e di sicurezza.

23 - Viene sottolineata la necessità di porre attenzione ai rischi di ri-localizzazione delle emissioni di carbonio, dettati dal fatto che "la produzione può essere trasferita dall'UE verso altri paesi con ambizioni minori di riduzione delle emissioni, sia perché i prodotti dell'UE possono essere sostituiti da prodotti importati a maggiore intensità di carbonio" (Commissione Europea, 2019).

materiali prima del loro riciclaggio, promuovendo nuovi modelli di sviluppo" e a "prodotti riutilizzabili, durevoli e riparabili" (Commissione Europea, 2019). Il settore edilizio costituisce un ambito prioritario per l'implementazione di questi indirizzi, se si considera che "la costruzione, l'utilizzo e la ristrutturazione degli edifici assorbono quantità significative di energia e risorse minerarie (come sabbia, ghiaia, cemento)". A tale scopo esso beneficerà, in termini di gestione circolare dell'ambiente costruito, del previsto riesame della normativa sui prodotti da costruzione[24], mirato ad "assicurare che tutte le fasi della progettazione di edifici nuovi e ristrutturati siano in linea con le esigenze dell'economia circolare". A questa strategia sarà affiancato un impulso verso la digitalizzazione del costruito futuro, per poter garantire una gestione più efficace dei materiali[25].

Nuova strategia industriale (2020)
L'importanza di una transizione verso la circolarità del settore edilizio è inscrivibile anche nella Nuova strategia industriale (Commissione Europea, 2020b), la quale determina l'importanza dell'inquadrare le catene del valore in una prospettiva di ecosistema industriale, soprattutto nel caso dei settori ad alta intensità energetica. La sfera delle costruzioni può accelerare la transizione verso un'economia circolare e a basse emissioni di carbonio in due modi differenti. Da un lato, va favorita una gestione più sostenibile delle risorse materiali limitando gli impatti estrattivi e operando, in ordine di priorità, secondo la prevenzione (prima) e la riduzione (poi) dei rifiuti. Dall'altro va promossa la circolarità, poiché una permanenza più duratura nel mercato di materiali, prodotti e componenti edilizi consente un allentamento della richiesta di nuova produzione e ne evita le relative emissioni.

3.1.3. Un framework trasversale: Obbiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs)

L'Unione Europea rappresenta uno dei principali promotori dell'Agenda 2030: il Consiglio Europeo ha preso l'iniziativa per la sua adozione nel 2017[26] e la Commissione ha recentemente pubblicato un *reflection paper* in merito[27]
Approvata nel 2015 dalle Nazioni Unite, "*Transforming or world*", l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile[28] riporta 17 *Sustainable Development Goals* (SDGs), insieme ai relativi 169 target, formulati come guida per promuovere azioni concrete dalle ricadute positive per l'umanità e il pianeta. L'Agenda li definisce quali "integrati, indivisibili e volti a equilibrare le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile: economico, sociale e ambientale" (Nazioni Unite, 2015). Gli Obbiettivi

24 - Per il Regolamento su Prodotti da Costruzione (CPR, *Construction Products Regulation*) si veda il paragrafo 3.3.

25 - Si tratta di promuovere un approccio che consente di registrare in formato digitale, elettronico e organizzato tutte le informazioni di un progetto (dalle proprietà e caratteristiche di materiali, prodotti e componenti, alle informazioni sulla manutenzione e la gestione) integrando così tutte le fasi del processo progettuale e costruttivo per mezzo di una "banca dati" condivisa da tutti gli attori del processo. Uno degli strumenti maggiormente impiegati a questo scopo è il BIM (*Building Information Modeling*), che consente di indicizzare all'interno di un modello digitale tridimensionale dell'edificio tutti i dati necessari alle fasi di pianificazione, realizzazione e gestione della costruzione. Il tema della digitalizzazione del costruito sarà affrontato nel paragrafo 5.1.

26 - https://www.consilium.europa.eu/it/press/press-releases/2017/06/20/agenda-sustainable-development/ [09.2020].

27 - https://ec.europa.eu/commission/publications/reflection-paper-towards-sustainable-europe-2030_en [09.2020].

28 - https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld [09.2020].

abbracciano infatti tutti gli aspetti della auspicata trasformazione globale, dalla povertà all'equità di genere, dall'inclusione alla protezione delle risorse naturali, dalla lotta al cambiamento climatico all'accesso ai servizi, riconoscendone la stretta interrelazione (fig. 3.3).

> The future of humanity and of our planet lies in our hands. It lies also in the hands of today's younger generation who will pass the torch to future generations. We have mapped the road to sustainable development; it will be for all of us to ensure that the journey is successful and it gains irreversible (UN, 2015).

All'interno di questa cornice acquista rilievo anche il tema della circolarità[29] quale strumento di promozione di uno sviluppo economico (sostenibile), il quale, insieme allo sviluppo sociale (sostenibile), dipende in modo diretto dalla gestione (sostenibile) delle risorse naturali del pianeta. Ciò appare cruciale soprattutto in ambito urbano, sia in ragione della impronta ecologica di queste aree che della qualità della vita dei loro abitanti. In tale prospettiva è necessario ridurre le conseguenze negative delle attività economiche e dei processi industriali, promuovendo l'uso efficiente dell'energia insieme a riduzione e riciclo dei rifiuti. Oltre alla sfera ambientale, anche quella economica e sociale possono beneficiare dalla transizione verso un'economia circolare, soprattutto alla luce di quanto esaminato nei precedenti capitoli[30]. Sulla base di queste considerazioni, i principi dell'economia circolare si presentano come strumenti adeguati a supporto di una sostenibilità di tipo trasversale e integrato. Tra i 17 SDGs alcuni sono direttamente connessi al tema della circolarità perché esplicitano tematiche di preservazione ambientale, di distanziamento dal paradigma economico lineare o di crescita occupazionale. In molti casi i progressi registrabili all'interno di un medesimo *goal* per mezzo dei *target* presentano benefici indiretti in più domini, circostanza che conferma la stretta interrelazione tra le tre dimensioni della sostenibilità supportate dall'Agenda 2030 e suggerisce la capacità delle strategie circolari di innescare effetti positivi in più ambiti. Il Goal 8 intende promuovere una "crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, una occupazione piena e produttiva e un lavoro dignitoso per tutti". Obbiettivi simili sono promossi dal SDG 9, orientato a "costruire infrastrutture resilienti, promuovere l'industrializzazione inclusiva e sostenibile e incoraggiare l'innovazione". Il Goal 11 presenta l'obbiettivo di "rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili". L'SDG 12, mirando ad "assicurare modelli di produzione e consumo sostenibili", è direttamente connesso ai benefici generati dai *pattern* circolari.



Fig. 3.3. I Sustainable Development Goals, SDGs (Nazioni Unite, 2015)

29 - Si ricorda che il primo Piano d'Azione per l'Economia Circolare della Commissione Europea è per l'appunto del 2015.

30 - Ci si riferisce in particolar modo ai paragrafi 1.1 e 2.1.

3.2. Inquadramento normativo per gli elementi edilizi di recupero

3.2.1. Prevenzione e gestione dei rifiuti nella Direttiva quadro europea

La disciplina europea sui rifiuti prende avvio nel corso degli anni Settanta. La prima Direttiva del Consiglio sul tema risale al 1975 e si fa portavoce della convergenza di differenti necessità: regolamentare il mercato interno nell'ambito, proteggere l'ambiente e la salute umana, considerare "l'importanza di favorire il ricupero dei rifiuti e l'utilizzazione dei materiali di ricupero per preservare le risorse naturali" (Consiglio Europeo, 1975). Le apprensioni di ordine ecologico al centro del dibattito pubblico dell'epoca vedono in tal modo un primo riscontro normativo, sia in ottica di preservazione ambientale che di efficace gestione delle risorse. Gli Stati membri sono infatti incoraggiati, da questa prima direttiva, a promuovere la prevenzione e il riciclo dei rifiuti, nonché ogni altro tipo di trattamento che permetta il riutilizzo degli scarti, con l'ovvia esclusione di alcune particolari categorie di rifiuti.

Tale regolamentazione introduce le prime definizioni e disposizioni che saranno gradualmente integrate e differenziate in modo considerevole nel corso delle successive modificazioni legislative[31], fino a giungere alla attuale Direttiva 2008/98/CE[32]. Scopo di quest'ultima è "introdurre un approccio che tenga conto dell'intero ciclo di vita dei prodotti e dei materiali, non soltanto della fase in cui diventano rifiuti" e "favorire il recupero dei rifiuti e l'utilizzazione dei materiali di recupero per preservare le risorse naturali" (Parlamento Europeo, 2008). La distinzione in merito ai rifiuti pericolosi viene chiarita dagli elenchi riportati nella Decisione 2000/532/CE (aggiornata dalla 2014/955/UE) che include il Catalogo Europeo dei Rifiuti (tab. 3.1), nel quale ciascun materiale è identificato in modo univoco da un codice a sei cifre (Commissione Europea, 2014b).

Tab. 3.1, classificazione dei rifiuti delle attività di costruzione e demolizione secondo la 2014/955/UE

17	RIFIUTI DALLE ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE
17 01	cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche
17 01 01	cemento
17 01 02	mattoni
17 01 03	mattonelle e ceramiche
17 01 06*	miscugli o frazioni separate di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, contenenti sostanze pericolose
17 01 07	miscugli di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diversi da quelli di cui alla voce 17 01 06
17 02	legno, vetro e plastica
17 02 01	legno
17 02 02	vetro
17 02 03	plastica
17 02 04*	vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati
17 03	miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
17 03 01*	miscele bituminose contenenti catrame di carbone
17 03 02	miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 17 03 01
17 03 03*	catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
17 04	metalli (incluse le loro leghe)
17 04 01	rame, bronzo, ottone

31 - Alla prima direttiva europea ne sono seguite altre quattro (nel 1978, 1984, 1990 e 1991) prima della 2008/98/CE attualmente in vigore (Altamura, 2015).

32 - La Direttiva è stata recentemente modificata e integrata dalla 2018/851/UE. Ove non specificato differentemente, le informazioni riportate all'interno della ricerca di dottorato si intendono aggiornate alle modificazioni più recenti.

17 04 02	alluminio
17 04 03	piombo
17 04 04	zinco
17 04 05	ferro e acciaio
17 04 06	stagno
17 04 07	metalli misti
17 04 09*	rifiuti metallici contaminati da sostanze pericolose
17 04 10*	cavi impregnati di olio, di catrame di carbone o di altre sostanze pericolose
17 04 11	cavi, diversi da quelli alla voce 17 04 10
17 05	terra (compresa quella proveniente da siti contaminati), rocce e materiale di dragaggio
17 05 03*	terra e rocce, contenenti sostanze pericolose
17 05 04	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03
17 05 05*	materiale di dragaggio contenente sostanze pericolose
17 05 06	materiale di dragaggio, diverso da quello di cui alla voce 17 05 05
17 05 07*	pietrisco per massicciate ferroviarie, contenente sostanze pericolose
17 05 08	pietrisco per massicciate ferroviarie, diverso da quello di cui alla voce 17 05 07
17 06	materiali isolanti e materiali da costruzione contenenti amianto
17 06 01*	materiali isolanti, contenenti amianto
17 06 03*	altri materiali isolanti contenenti o costituiti da sostanze pericolose
17 06 04	materiali isolanti, diversi da quelli di cui alle voci 17 06 01 e 17 06 03
17 06 05*	materiali da costruzione contenenti amianto
17 08	materiali da costruzione a base di gesso
17 08 01*	materiali da costruzione a base di gesso contaminati da sostanze pericolose
17 08 02	materiali da costruzione a base di gesso, diversi da quelli di cui alla voce 17 08 01
17 09	altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione
17 09 01*	rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti mercurio
17 09 02*	rifiuti dell'attività di C&D, contenenti PCB (ad esempio sigillanti contenenti PCB, pavimentazioni a base di resina contenenti PCB, elementi stagni in vetro contenenti PCB, condensatori contenenti PCB)
17 09 03*	altri rifiuti dell'attività di C&D (compresi rifiuti misti) contenenti sostanze pericolose
17 09 04	rifiuti misti dell'attività di C&D, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03

La Direttiva quadro del 2008 mira a chiarire specifici concetti in tema di rifiuti, adottando delle definizioni precise, alcune delle quali mutuate dalle precedenti normative. Se un *rifiuto* viene sempre identificato come "qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi", è perimetrato in modo definito il concetto di *sottoprodotto*. Esso consiste in "una sostanza od oggetto derivante da un processo di produzione il cui scopo primario non è la produzione di tale articolo" che soddisfa le seguenti condizioni:

a. "è certo che la sostanza o l'oggetto sarà ulteriormente utilizzata/o;
b. la sostanza o l'oggetto può essere utilizzata/o direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
c. la sostanza o l'oggetto è prodotta/o come parte integrante di un processo di produzione; e
d. l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana" (Parlamento Europeo, 2008)[33].

33 - Le modifiche introdotte dalla Direttiva 218/851/UE non comportano alterazioni ai quattro requisiti elencati.

La Direttiva diversifica inoltre tutte le diverse operazioni afferenti al tema dei rifiuti, sia relative alle attività di *prevenzione* che a quelle di *gestione*. Alla prima sfera appartengono tutte le "misure, prese prima che una sostanza, un materiale o un prodotto sia diventato un rifiuto, che riducono:

a. la quantità dei rifiuti, anche attraverso il riutilizzo dei prodotti o l'estensione del loro ciclo di vita;
b. gli impatti negativi dei rifiuti prodotti sull'ambiente e la salute umana; oppure
c. il contenuto di sostanze pericolose in materiali e prodotti".

In base a tale perimetrazione, il *riutilizzo*, ovvero "qualsiasi operazione attraverso la quale prodotti o componenti che non sono rifiuti sono reimpiegati per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti", costituisce un processo di prevenzione dei rifiuti.

Il secondo ambito, quello della gestione dei rifiuti, annovera al contrario diversi procedimenti, che includono "la raccolta, il trasporto, il recupero e lo smaltimento dei rifiuti, compresi la supervisione di tali operazioni e gli interventi successivi alla chiusura dei siti di smaltimento nonché le operazioni effettuate in qualità di commercianti o intermediari".

A seguito di alcuni processi di recupero, è possibile che un rifiuto cessi di essere tale e ritorni, giuridicamente, a essere considerato un prodotto. Tale condizione viene chiamata *cessazione della qualifica di rifiuto* (*End-of-Waste*, *EoW*) ed è una condizione ritenuta soddisfatta se il materiale risponde a quattro criteri:

a. "la sostanza o l'oggetto è comunemente utilizzata/o per scopi specifici[34];
b. esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;
c. la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti; e
d. l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana".

I criteri EoW sono di volta in volta elaborati a livello comunitario, o notificati dai singoli Stati membri, per ciascun tipo di rifiuto preso in esame.

La Direttiva introduce inoltre il tema della *responsabilità estesa del produttore* (*Extended Producer Responsibility*, *EPR*), quale mezzo "per sostenere una progettazione e una produzione dei beni che prendano pienamente in considerazione e facilitino l'utilizzo efficiente delle risorse durante l'intero ciclo di vita, comprendendone la riparazione, il riutilizzo, lo smontaggio e il riciclaggio senza compromettere la libera circolazione delle merci nel mercato interno". Questo significa che a livello nazionale, ciascun Paese può adottare delle misure normative per far sì che un produttore – "una persona fisica o giuridica che professionalmente sviluppi, fabbrichi, trasformi, tratti, venda o importi prodotti" – sia responsabile della gestione degli stessi anche dopo averli immessi sul mercato, e che ad egli spetti "la responsabilità finanziaria o la responsabilità finanziaria e organizzativa della gestione della fase del ciclo di vita in cui il prodotto diventa un rifiuto". Tali misure coprono un vasto spettro di azioni, dall'informare gli acquirenti circa le possibilità di riciclo e riutilizzo dei prodotti all'accettazione della loro restituzione e gestione del fine vita. Finalità di queste disposizioni è quella di incoraggiare "lo sviluppo, la produzione e la commercializzazione di prodotti adatti all'uso multiplo, tecnicamente durevoli".

34 - Lettera sostituita nel 2018 dal testo "la sostanza o l'oggetto è destinata/o a essere utilizzata/o per scopi specifici".

3.2.2. La gerarchia dei rifiuti e l'ambigua posizione del reimpiego

Nel dettaglio dei possibili processi di *gestione e trattamento* dei rifiuti, non solo la Direttiva prevede una chiara perimetrazione degli stessi, bensì stabilisce un generale ordine di priorità "di ciò che costituisce la migliore opzione ambientale nella normativa e politica dei rifiuti"[35]. Sono a tal fine elencati cinque indirizzi di azione, dal più auspicabile al meno desiderato, che vanno a costituire la Gerarchia dei Rifiuti (*Waste Hierarchy*, WH).

La definizione di un ordine preferenziale di gestione dei rifiuti, redatto in base agli esiti di tipo ambientale che i singoli processi comportano, seppure costituisca importante riferimento di tipo normativo non rappresenta una novità in ambito europeo. Già nel 1979 Ad Lansink, accademico e politico olandese interessato ai temi ambientali ed energetici, propone una scala di valori mirata a classificare i processi di gestione dei rifiuti secondo la preferibilità di questi ultimi. Questo intervento costituisce il primo passo di una serie di nuove politiche adottate in termini di contenimento e trattamento dei rifiuti nei Paesi Bassi, dove si dimostra necessaria una rapida inversione di rotta a causa della carenza di suolo da dedicare a discarica e ai pochi impianti di recupero energetico esistenti[36]. L'introduzione della *Lansink Ladder*, la scala di Lansink, venne approvata dal Parlamento l'anno successivo e, nel giro di un decennio, i Paesi Bassi implementano progressivamente il quadro normativo fino a incorporarla all'interno dell'*Environmental Management Act*[37]. Come illustrato nella figura 3.4, questo strumento offre sette differenti possibilità di trattamento dei rifiuti, dalla più auspicabile a quella meno consigliata[38]: prevenzione, riuso di elementi, riuso di materiale, applicazioni utili, recupero di energia per mezzo della combustione, incenerimento, conferimento in discarica (Krinstinsson et al., 2001; van Dijk et al., 2001).

Fig. 3.4. Ordine dei processi individuato dalla Lansink Ladder



Fig 3.5. la Gerarchia dei Rifiuti introdotta dalla Direttiva 2008/98/CE



L'ordine determinato da questo elenco di procedimenti getta le basi per la Gerarchia definita dalla 2008/98/CE. Le opzioni esplicitate da quest'ultima, come riportato nella figura 3.5, presentano un preciso elenco ordinato in base al miglior risultato ambientale complessivo che esse permettono di conseguire: prevenzione, preparazione per il riutilizzo, riciclaggio, recupero, smaltimento.

35 - Dal quale è tuttavia possibile discostarsi nel caso non sia praticabile per determinati flussi di rifiuti per ragioni di fattibilità tecnica, fattibilità economica e ambientali.

36 - Informazioni tratte dal sito del Ministero per le Infrastrutture olandese, https://rwsenvironment.eu/subjects/from-waste-resources/elements-dutch-waste/ [04.2020].

37 - Ministero [olandese] dell'edilizia abitativa, della Pianificazione Territoriale e dell'Ambiente, Direttore-generale per l'Ambiente, 2004. *Environmental Management Act* e ss.mm.ii., sezione 10.4.

38 - La volontà di definire uno spettro quanto più diversificato di questi procedimenti genera diverse incertezze dovute alle differenze sottili che intercorrono tra alcuni di questi, ne è esempio quella tra "riuso di materiale" e "applicazioni utili". In entrambi i casi si fa riferimento a trattamenti di riciclo, il primo caso include quelli che permangono all'interno del ciclo del materiale originario, per esempio il calcestruzzo divenuto materia prima seconda e impiegato come aggregato riciclato, mentre alle "applicazioni utili" appartengono i processi di *downcycling*, come l'utilizzo del frantumato derivante da demolizione per sottofondi stradali (Krinstinsson et al., 2001; Gorgolewski, 2018). È possibile notare come la distinzione tra "riuso di elementi" e "riuso di materiale" ricordi quella compiuta da Stahel (2019) tra "l'era della R" che predilige il riuso dei beni e "l'era della D", relativa invece al riuso degli atomi e delle molecole – ovvero dei materiali, nella frazione più pura possibile.

Nel caso dei rifiuti da C&D non pericolosi, la Direttiva fissa un obbiettivo da ottenere entro il 2020, ovvero che almeno il 70% di essi, in termini peso, sia avviato a "preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e altri tipi di recupero di materiale, incluse operazioni di colmatazione".
Come già accennato nel paragrafo precedente, la principale distinzione che può essere effettuata tra le attività incluse nella Gerarchia è quella che separa nettamente, dalle altre, le attività di prevenzione. Queste consistono infatti in quelle misure "prese prima che una sostanza, un materiale o un prodotto sia diventato un rifiuto", mirate a ridurre la quantità degli scarti, gli impatti negativi degli stessi e il contenuto di sostanze pericolose in materiali e prodotti. Tali strategie possono essere perseguite nella fase di progettazione di un prodotto – così da prevenirne le esternalità in termini ambientali o le ripercussioni sulla salute umana – oppure nel corso della sua vita utile. A questa seconda categoria appartengono il riutilizzo di un bene o l'estensione del suo ciclo di vita: prolungando la funzionalità del prodotto e, conseguentemente, il suo impiego, tali azioni impediscono che esso sia classificabile come rifiuto. Al contrario, tutti gli altri procedimenti successivamente elencati all'interno della Gerarchia si applicano ai materiali, prodotti o componenti divenuti rifiuto, ovvero, come menzionato nel paragrafo precedente, "qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi". La successiva tabella 3.2 riporta questa principale differenziazione, nonché le diverse definizioni individuate dalla Direttiva per ciascun tipo di attività contemplata:

Prevenzione	"misure, prese prima che una sostanza, un materiale o un prodotto sia diventato un rifiuto, che riducono: a) la quantità dei rifiuti, anche attraverso il riutilizzo dei prodotti o l'estensione del loro ciclo di vita; b) gli impatti negativi dei rifiuti prodotti sull'ambiente e la salute umana; oppure c) il contenuto di sostanze pericolose in materiali e prodotti"
Preparazione per il riutilizzo	"operazioni di controllo, pulizia e riparazione attraverso cui prodotti o componenti di prodotti diventati rifiuti sono preparati in modo da poter essere reimpiegati senza altro pretrattamento"
Riciclaggio	"qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i materiali di rifiuto sono ritrattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini. Include il ritrattamento di materiale organico ma non il recupero di energia né il ritrattamento per ottenere materiali da utilizzare quali combustibili o in operazioni di riempimento"
Recupero	"qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile sostituendo altri materiali che sarebbero stati altrimenti utilizzati per assolvere una particolare funzione o di prepararli ad assolvere tale funzione, all'interno dell'impianto o nell'economia in generale"
Smaltimento	"qualsiasi operazione diversa dal recupero anche quando l'operazione ha come conseguenza secondaria il recupero di sostanze o di energia"

Tab. 3.2 – Differenziazione tra le strategie di prevenzione e i processi di gestione dei rifiuti secondo la Direttiva 2008/98/CE

Confrontando questi contenuti con quanto esaminato nel precedente paragrafo è possibile fare alcune riflessioni in merito alla collocazione dei processi di riutilizzo di elementi edilizi nello spettro delle possibili azioni previste dalla Direttiva.
Il reimpiego viene considerato dalla Gerarchia, in linea con i principi dell'economia circolare, più conveniente in termini ambientali rispetto al riciclo o, naturalmente, al recupero di energia e allo smaltimento in discarica. Tuttavia, il termine "riutilizzo", oltre a essere indicato come una delle attività proprie della (i) *prevenzione* dei rifiuti, compare anche nella *preparazione per il riutilizzo*, ovvero come un'attività di (ii) *gestione* dei rifiuti. La distinzione tra le due definizioni è basata principalmente su tre fattori: proprietà del bene, "immediatezza" del riuso, funzione del bene; una duplice visione sintetizzata nella figura 3.6.
Nel (i) primo caso il bene subisce un prolungamento di vita utile, restando quindi

di proprietà del detentore, il quale non se ne disfa e, in tal modo, non lo rende un rifiuto. Il reimpiego del bene avviene per la stessa finalità per la quale esso era stato concepito in primo luogo, mentre non è fatta menzione circa la necessità di operazioni manutentive o di adattamento per l'effettivo riutilizzo.
Nella (ii) seconda circostanza, al contrario, oggetto del riutilizzo sono prodotti o componenti già divenuti rifiuti, dei quali il detentore si è dunque precedentemente disfatto. Essi necessitano di controllo, pulizia e riparazioni perché possano essere reimpiegati per un secondo uso; di quest'ultimo non è menzionata una necessaria coerenza con quello primitivo.



Fig. 3.6. Il ricadere di un elemento di riuso nelle due diverse sfere giuridiche, dei prodotti o dei rifiuti

3.2.3. Linee guida per massimizzare la gestione efficiente dei rifiuti da C&D

La difficoltà di attivare processi circolari al fine vita dello stock edilizio esistente è strettamente legata ai sistemi costruttivi che lo caratterizzano e che determinano come, nella larga parte dei casi, gli esiti della demolizione di questi fabbricati siano considerati dei rifiuti. La sempre più diffusa adozione della demolizione selettiva, che incoraggia la separazione dei flussi di materiali in frazioni quanto più possibile omogenee, consente indubbiamente di incentivare il riciclo, nonché la qualità delle MPS da esso derivanti. Il perfezionamento di tali procedure, tuttavia, si avvale solo in minima parte delle tecniche dello *strip out*[39], per demandare gran parte della demolizione a delle procedure distruttive. La demolizione selettiva è finalizzata, nella pratica edilizia corrente, a facilitare la raccolta differenziata dei materiali per poter poi procedere alla riduzione di struttura e tamponamenti a frantumato. Tale approccio rivela come non sia comune considerare la possibilità di riutilizzo di elementi edilizi derivanti dalle attività di demolizione, circostanza dalla quale deriva la loro classificazione di rifiuto. Al fine di promuovere pratiche più virtuose in questo campo, come anticipato dall'allegato al primo Piano d'Azione per l'Economia Circolare (Commissione Europea, 2015), sono state elaborate a livello comunitario delle metodologie operative atte a incentivare una più sostenibile e circolare conduzione delle attività edilizie. Va specificato che si tratta di documenti di indirizzo, dunque non vincolanti dal punto di vista normativo.

EU Construction & Demolition Waste Management Protocol
Prima di queste metodologie, il "Protocollo EU di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione" (Commissione Europea, 2016) fornisce le indicazioni generali per la conduzione di tale processo. I suggerimenti che riporta sono orientati a facilitare il raggiungimento del target fissato dalla Direttiva quadro sui rifiuti[40], nonché a favorire una "chiusura del cerchio nel ciclo di vita dei prodotti attraverso maggiori riciclo e reimpiego" permettendo benefici di tipo ambientale ed economico. Scopo del Protocollo è infatti quello di aumentare la fiducia nei confronti della qualità dei materiali riciclati, indicando delle azioni da

39 - Attività di rimozione manuale dei materiali di valore da un edificio prima della sua demolizione (Commissione Europea, 2016). Tali procedimenti riguardano per lo più arredi, serramenti, rivestimenti, impianti e tutti i materiali che è possibile asportare dal cantiere in base alla facilità di separazione degli stessi dalle parti strutturali, dalle partizioni o chiusure dell'organismo edilizio.
40 - Relativo all'avvio a operazioni di recupero del 70% in peso dei rifiuti derivanti da attività di costruzione e demolizione (Parlamento Europeo, 2008).

intraprendere su cinque livelli differenti:

i. miglioramento dell'identificazione, separazione e raccolta dei rifiuti da C&D;
ii. miglioramento della gestione logistica;
iii. miglioramento dei processi di trattamento;
iv. gestione della qualità;
v. condizioni e politiche adeguate.

La figura 3.7 riporta la gestione dei processi operativi auspicata da questo documento e volta a massimizzare l'adeguato recupero dei materiali ed elementi riscontrati nel corso di una demolizione.

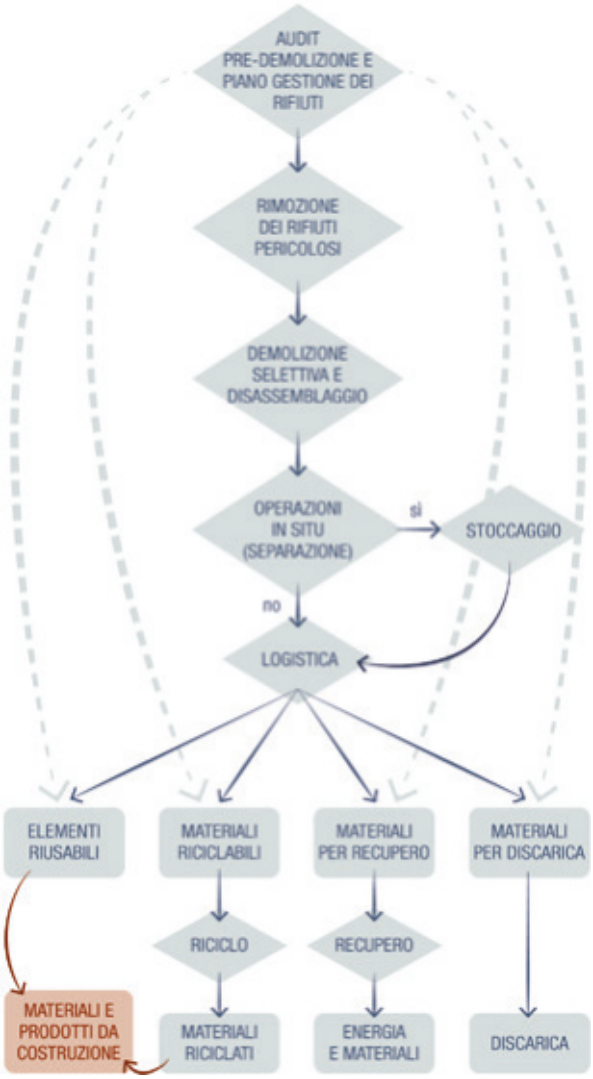


Fig. 3.7. Workflow suggerito per la pianificazione della gestione dei rifiuti da C&D (elaborazione dell'autrice da Commissione Europea, 2016)

(i) Tema di fondamentale importanza introdotto dal Protocollo è quello dell'"audit pre-demolizione" [*pre-demolition audit*], che costituisce la fase iniziale del flusso di processi proposto. Si tratta di una ispezione che "va condotta prima di ciascun progetto di ristrutturazione o demolizione e per ogni materiale da reimpiegare o riciclare, come per i rifiuti pericolosi. Essa aiuta a identificare i rifiuti da C&D generati, stende le basi per una decostruzione adeguata e specifica le attività da intraprendere per lo smontaggio e la demolizione. Le azioni basate sull'audit assicureranno la sicurezza dei lavoratori e porteranno a un incremento nella qualità e nella quantità dei prodotti riciclati. Esso permetterà inoltre di aumentare la quantità di materiali che saranno riutilizzati vicino al cantiere o nel cantiere stesso" (Commissione Europea, 2016). L'audit è composto di due sezioni diverse e complementari. La prima è dedicata alla raccolta delle informazioni che permettono di identificare le caratteristiche del materiale da C&D che sarà generato dai lavori e di stimarne con buona approssimazione le quantità. La seconda, in base a questi dati, dispone le azioni di trattamento più idonee da applicare a ciascuna frazione materiale o elemento edilizio classificati. Appare fondamentale avvalersi di un tecnico esperto per redigere questo documento, nonché possedere una buona conoscenza del mercato locale per valutare le opzioni di riciclo e di riuso. Si tratta di un documento preliminare alla stesura del piano di gestione dei rifiuti, caratterizzato da un'attenta separazione dei materiali non solo in base alle caratteristiche degli stessi, ma anche in vista delle operazioni di trattamento previste. Naturalmente, precedentemente alle operazioni di decostruzione, smontaggio e demolizione, va effettuata la rimozione di tutto il materiale pericoloso.

(ii) La logistica dei materiali e prodotti ricavati dalle attività di costruzione e demolizione va improntata alla trasparenza e alla tracciabilità, le quali, mantenute nel corso di tutto il processo, garantiscono da un lato la qualità dei materiali ottenuti a seguito delle operazioni di recupero e, dall'altro, la

preservazione dell'ambiente. Tra i suggerimenti contenuti nel protocollo vi sono quelli relativi al contenimento delle distanze di trasporto e all'adeguato stoccaggio dei materiali.

(iii) In merito ai processi di trattamento, da segnalare all'interno del *pre-demolition audit*, l'ordine di preferenza degli stessi rimanda alla Gerarchia dei rifiuti allo scopo di coniugare efficienza delle risorse, sostenibilità e risparmio economico. Ciò nonostante, viene riconosciuto come l'implementazione di questi processi sia subordinata di volta in volta anche a valutazioni normative, economiche, tecniche, ambientali o di altro genere. Se la più importante distinzione da compiere è quella tra materie pericolose e non pericolose, "la preparazione per il riuso va essere promossa, poiché richiede esigue lavorazioni, se non [addirittura] nessuna. In teoria, il reimpiego offre anche maggiori vantaggi ambientali rispetto al riciclo, poiché non comporta gli impatti [a esso] relativi. Tuttavia, nella pratica [promuovere il reimpiego] potrebbe non essere sempre semplice" (Commissione Europea, 2016). Viene inoltre segnalata la necessità di creare un mercato per gli elementi di reimpiego ove esso non esista per incoraggiare queste pratiche, rilevando tuttavia l'esigenza di certificare che gli elementi edilizi riusati garantiscano i necessari requisiti qualitativi e tecnici.

(iv) La gestione della qualità è identificata come uno dei passaggi cruciali "per incrementare la fiducia nei processi di gestione dei rifiuti da C&D e nella qualità dei materiali riciclati", soprattutto nei casi in cui questi ultimi sono riutilizzati in applicazioni di importanza e in quantità rilevanti – ovvero, con elevate percentuali di contenuto riciclato sul totale. Al fine di assicurare che questo genere di trattamenti non produca conseguenze negative sull'ambiente, i controlli di qualità vanno condotti in ogni fase del processo, dal sito di demolizione, alla fase di trasporto, alle attività condotte negli impianti di riciclaggio.

(v) Tra le condizioni che permettono di operare un efficiente uso delle risorse materiali derivanti da C&D vi è il dialogo tra gli attori privati del settore e quelli pubblici. In particolar modo "una adeguata regolamentazione (…) richiede che la proprietà dei rifiuti sia chiara, in linea con l'esistente quadro normativo nazionale e con i termini contrattuali tra i proprietari iniziali dell'infrastruttura o edificio, il demolitore, il possessore intermediario, l'operatore del riciclo e l'utente finale del prodotto riciclato" (Commissione Europea, 2016). L'azione pubblica può fungere da promotrice dello sviluppo di un mercato per i materiali riciclati soprattutto per mezzo di restrizioni al conferimento in discarica, incrementandone la tassazione o vietandola; tuttavia è necessario che siano presenti, nel medesimo territorio, alternative per la gestione dei materiali derivanti da C&D. Analogamente, le politiche orientate all'efficienza delle risorse possono agire aumentando il costo delle materie prime o tassandone l'impiego.

Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings

L'audit pre-demolizione viene approfondito dal secondo documento pubblicato a livello comunitario, le "Linee guida per i *waste audit*[41] precedenti ai lavori di demolizione e ristrutturazione degli edifici" (Commissione Europea, 2018b). Esse sviluppano in dettaglio il metodo per condurre l'audit, fornendo in tal modo le modalità e i criteri più adeguati per l'attuazione della prima fase del Protocollo. Obbiettivo delle Linee guida è quello di fornire degli strumenti operativi per determinare quantità e qualità del materiale derivante dalle attività di C&D, nonché dei suggerimenti per la sua successiva gestione. Questi ultimi possono includere una valutazione dei differenti percorsi cui le frazioni materiali saranno avviate, "inclusi il riuso e il potenziale valore di riuso, riciclo *on-site* ed *off-site*". La redazione dell'"Inventario dei materiali" è considerata l'*output* minimo dell'audit ed è necessaria perché il proprietario dei rifiuti possieda le informazioni adeguate in merito, compresa la eventuale natura pericolosa degli stessi. Il completamento dell'inventario si basa su di uno studio accurato dell'edificio attraverso la documentazione esistente, approfondito da più rilievi sul campo e dai saggi che sono ritenuti utili per assicurare la qualità dei dati. Tali attività andranno eseguite dalla figura dell'*auditor*, un "esperto qualificato con adeguata conoscenza dei sistemi costruttivi contemporanei e storici (compreso l'impiego di materiali pericolosi)", il quale, al contempo deve avere "familiarità con le tecniche di demolizione, di trattamento dei rifiuti e del mercato locale" (Commissione Europea, 2016). L'esperienza costituisce un importante fattore in grado di completare il *background* di questa figura, sia formativo che relativo all'attività sul campo. I rilievi in situ sono deputati a verificare tutte le informazioni raccolte attraverso l'esame della documentazione, catalogando i materiali rinvenuti nel corso dell'esame dell'edificio. Le verifiche ispettive possono avere carattere distruttivo o non distruttivo, in base all'elemento edilizio da analizzare. L'inventario esito di questo processo dovrebbe essere accompagnato da considerazioni relative alle possibili azioni per il recupero dei materiali riscontrati. Un riepilogo finale permette di calcolare le percentuali, in peso sul totale, di ciascuna frazione materiale potenzialmente avviata a uno specifico trattamento di recupero (riuso, riciclo, riempimento, recupero di energia) o al conferimento in discarica[42]. La figura 3.8 delinea le fasi suggerite per la conduzione dell'audit.



Fig. 3.8. Workflow suggerito dalle Linee guida (Commissione Europea 2018b)

Esso rappresenta quindi uno strumento fondamentale per acquisire tutti i dati relativi a materiali ed elementi presenti in un edificio, così da poterne valutare quantità, condizioni e prestazione residua.

Su questi fattori si basano i suggerimenti relativi alla gestione post-demolizione, volta a privilegiare i processi più efficaci per valorizzare le potenzialità dei materiali ed elementi risultati dalle attività di C&D. Nel caso delle frazioni materiali, saranno specificati i possibili trattamenti che ne garantiscano un impiego come MPS di qualità elevata:

41 - Il riferimento al termine "*waste*" è perché l'output dell'audit pre-demolizione, costituito dall'inventario e dai relativi suggerimenti per la gestione dei flussi materiali, sarà in gran parte relativo a quelli che a livello normativo sono considerati rifiuti da C&D.

42 - Così da verificare l'ottemperanza al target fissato alla Direttiva quadro del 2008.

saranno dunque considerate a tutti gli effetti "rifiuto" e soggette al riconoscimento dell'EoW[43]. Nel caso, invece, dei prodotti e componenti ritenuti adeguati a un riuso e recuperati nella loro integrità, essi saranno vincolati alla doppia visione che caratterizza la Direttiva 2008/98/CE descritta nel precedente paragrafo.[44]

Prospettive italiane: la Prassi di Riferimento 75:2020 dell'UNI

Il flusso di lavoro delineato da Protocollo e Linee guida comunitarie trova riscontro in una terza recente metodologia di tipo istituzionale, elaborata dall'Ente Italiano di Normazione. La Prassi di Riferimento (PdR) 75:2020 è infatti mirata a "definire una metodologia operativa per la decostruzione selettiva che favorisca il recupero (riciclo e riuso) dei rifiuti derivanti dalla costruzione e demolizione" (UNI, 2020). Questo documento, anch'esso non vincolante, intende fornire risposta alle esigenze espresse dalla Direttiva 2018/851/EU, modifica della Direttiva quadro sui rifiuti, che rileva la necessità di incentivare i processi circolari in edilizia e le pratiche di demolizione selettiva nella gestione dei cantieri.

Nella PdR il reimpiego viene descritto quale "azione con cui si dà un nuovo uso ad un componente edilizio precedentemente impiegato in una costruzione o proveniente da altra fonte". Tale componente "può essere costituito da un singolo elemento (…) o da più elementi di diversi materiali". In merito ai processi che seguono la sua estrazione dalla costruzione, viene precisato che "il riuso può avvenire senza necessità di lavorazione del componente o con significative lavorazioni" e "solo dopo appropriate verifiche di qualità ed integrità, con la stessa finalità o con una funzione diversa". Nel documento è inoltre chiaramente espressa la differenza che intercorre tra i processi di reimpiego e quelli di riciclo, in quanto il primo caso

> consente una maggiore valorizzazione tecnica, economica ed ambientale dell'elemento recuperato rispetto ad un'azione di riciclo (UNI, 2020).

Questa prospettiva definisce il riutilizzo degli elementi architettonici in termini molto ampi a livello di provenienza (non necessariamente il medesimo cantiere né il settore edilizio), caratteristiche dell'elemento (prodotto o componente), lavorazioni necessarie (vari livelli di *refurbishing* o *remanufacturing*) e funzione (non vincolata dall'originale). Ciò determina l'applicazione di queste specifiche a un ampio insieme di elementi derivanti dalle operazioni di C&D e la conseguente massimizzazione dei possibili benefici ambientali. La PdR trova applicazione sia nel costruito esistente, oggetto di ristrutturazione o demolizione, che nei nuovi edifici, rifacendosi al tema della digitalizzazione già sollevato dalle politiche europee. È infatti richiesto che nel primo caso sia costituito un "database dei materiali destinabili al riciclo e al riuso", ovvero un inventario esito dell'audit

43 - "La qualifica di rifiuto potrà venire meno solo se le sostanze o gli oggetti sono conformi ai requisiti pertinenti applicabili ai prodotti" (Parlamento Europeo, 2018).

44 - In merito a tale ambito, l'interpretazione di Altamura (2015) delinea l'eventualità di escludere gli elementi edilizi riutilizzabili dal regime normativo dei rifiuti non solo tramite operazioni di preparazione al riutilizzo e successiva cessazione della qualifica di rifiuto, bensì attribuendo loro la qualifica di sottoprodotto. Ciò sarebbe tuttavia possibile previo soddisfacimento dei quattro requisiti richiesti, tra cui "la sostanza o l'oggetto può essere utilizzata/o direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale" (Parlamento Europeo, 2008). Ciò nonostante, dato che l'attività di riparazione e *remanufacturing* non viene considerata riconducibile alla "normale pratica industriale", "in questa interpretazione solamente il riutilizzo tale quale di un materiale o componente derivato da attività di costruzione o demolizione ne consente la classificazione come sottoprodotto" (Altamura, 2015).

pre-demolizione, e nel secondo un database dei "materiali previsti da progetto". In relazione agli aspetti procedurali e gestionali, i contenuti del documento si rifanno in gran parte a quelli suggeriti dal Protocollo e dalle Linee Guida precedentemente esaminati (Commissione Europea, 2016; 2018b) riportando alcune specifiche di interesse:

a. le informazioni di identificazione, quantificazione, gestione e trattamento dei materiali andranno raccolte in un database, dunque in formato digitale;
b. nel caso della nuova costruzione queste informazioni costituiranno un supporto alla conduzione di un LCA e alla determinazione del tasso di circolarità di materiali ed elementi;
c. negli appalti pubblici, il progetto di demolizione va realizzato secondo le indicazioni contenute nel DM 11.10.2017 "CAM Edilizia"[45].

3.2.4. Come nuovi? Conformità al Regolamento per i Prodotti da Costruzione

Come specifica il Protocollo EU di gestione dei rifiuti da C&D, "in teoria ci potrebbero essere diverse modalità per validare la qualità dei materiali riciclati, incluse le certificazioni, gli accreditamenti, le etichettature e i marchi. Tuttavia, gli standard armonizzati europei che si applicano alle materie prime si applicano anche ai materiali riciclati. Quelli derivanti da attività di C&D vanno esaminati in accordo con i requisiti degli standard europei di prodotto, ove soggetti agli stessi" (Commissione Europea, 2016). Il riferimento compiuto è quello al Regolamento per i Prodotti da Costruzione (*Construction Products Regulation*, CPR), istituito nel 2011. Suo scopo è quello di fissare "le condizioni per l'immissione o la messa a disposizione sul mercato europeo di prodotti[46] da costruzione, stabilendo disposizioni armonizzate per la descrizione di tali prodotti in relazione alle loro caratteristiche essenziali e per l'uso della marcatura CE sui prodotti in questione" (Parlamento Europeo, 2011). Il regolamento e tutte le procedure da esso descritte sono basate sui requisiti di base delle opere di costruzione, elencati all'allegato I:

a. resistenza meccanica e stabilità;
b. sicurezza in caso di incendio;
c. igiene, salute e ambiente;
d. sicurezza e accessibilità nell'uso;
e. protezione contro il rumore;
f. risparmio energetico e ritenzione del calore;
g. uso sostenibile delle risorse naturali.

Il CPR è stato ideato per normare le caratteristiche dei prodotti di nuova fabbricazione e, per tale ragione, in esso non vi è alcun riferimento all'iter da applicare nel caso di elementi edilizi di reimpiego. Il requisito (g) specifica che le opere di costruzione devono essere "concepite, realizzate e demolite in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile", garantendo "il riutilizzo o la riciclabilità delle opere di costruzione, dei loro materiali e delle loro parti dopo la demolizione". L'inserimento di questa precisazione tra i requisiti di base, tuttavia, si riferisce al fine vita degli edifici realizzati con materiali, prodotti e componenti

45 - Trattati nel paragrafo 3.3.

46 - Per "prodotto da costruzione" si intende "qualsiasi prodotto o kit fabbricato e immesso sul mercato per essere incorporato in modo permanente in opere di costruzione o in parti di esse e la cui prestazione incide sulla prestazione delle opere di costruzione rispetto ai requisiti di base delle opere stesse" (Parlamento Europeo, 2011). Non si tratta dunque di un termine che vada a perimetrare strettamente l'ambito degli elementi edilizi.

soggetti al Regolamento stesso, ma non menziona in modo diretto il vero e proprio reimpiego dei singoli elementi[47].

Al fine di stabilire le condizioni standardizzate per la circolazione sul mercato dell'Area Economica Europea (*European Economic Area,* EEA), il CPR definisce un linguaggio tecnico comune e condiviso per classificare le prestazioni richieste ai prodotti da costruzione, in base alle caratteristiche che essi presentano. In altri termini, sulla scorta dei sette requisiti di base delle opere di costruzione previsti dal Regolamento, ciascun prodotto da costruzione, a seconda di funzione e uso che gli sono propri, dovrà rispondere a delle "caratteristiche essenziali". Questo aspetto è descritto dalla "prestazione del prodotto da costruzione", ovvero "la prestazione in relazione alle caratteristiche essenziali pertinenti, espressa in termini di livello, classe o mediante descrizione" (Parlamento Europeo, 2011).

A determinare il modo in cui tali prestazioni vengono espresse sono le Norme armonizzate europee (*harmonised European Norms*, hENs), le quali "stabiliscono i metodi ed i criteri per valutare la prestazione dei prodotti da costruzione in relazione alle loro caratteristiche essenziali". Esse sono degli standard europei sviluppati per la circolazione nel mercato interno dal Comitato Europeo per la Standardizzazione (CEN). Tale metodo consente di esprimere la prestazione di un prodotto da costruzione attraverso livello e classe – ciascun livello include un numero di classi – secondo la Norma armonizzata e ottenendo così una Dichiarazione di Prestazione (*Declaration of Performance*, DoP). L'ottemperanza alle hENs, in termini di formalizzazione della prestazione di un prodotto, è dovuta solamente per le categorie di prodotti menzionate nelle Direttive o nei Regolamenti e interamente coperte dalle norme armonizzate, come avviene nel caso dei prodotti da costruzione, e permette di poter apporre il marchio CE su di essi. Il marchio CE garantisce la conformità di un prodotto ai requisiti legali necessari per il commercio nel mercato EEA. Le informazioni fornite dalla DoP permettono di dimostrare che le specifiche tecniche del prodotto sono espresse attraverso il linguaggio comune e il sistema di valutazione fissato dal CPR.

Nel caso il prodotto da immettere nel mercato EEA non fosse coperto da una norma armonizzata, o non lo fosse interamente, non vi è obbligatorietà di apporre il marchio CE. Nello specifico, ciò avviene nel caso in cui:

a. il prodotto non rientra nel campo d'applicazione di alcuna norma armonizzata esistente;
b. per almeno una delle caratteristiche essenziali del prodotto il metodo di valutazione previsto dalla norma armonizzata non è appropriato; oppure
c. la norma armonizzata non prevede alcun metodo di valutazione per quanto concerne almeno una delle caratteristiche essenziali del prodotto (Parlamento Europeo, 2011).

È comunque possibile che, in tale circostanza, il fabbricante opti per una valutazione alternativa. Questi può infatti richiedere una Valutazione Tecnica Europea (*European Technical Evaluation*, ETA), sulla base di un Documento per la Valutazione Europea (*European Assessment Document*, EAD), rilasciata

47 - Il termine "riutilizzo" va infatti inteso in senso generico, nonché riferito al materiale o al manufatto edilizio nella sua integrità o nelle sue *parti*. È comunque necessario tener presente, come già menzionato nei paragrafi 3.1 e 3.2, che il recente Piano d'Azione per l'Economia Circolare (Commissione Europea, 2020a), menzionando le azioni da intraprendere in merito a una gestione efficiente delle risorse nell'ambito dei rifiuti da C&D indica una imminente revisione del CPR. Anche la Nuova Strategia Industriale (Commissione Europea, 2020b) sottolinea l'importanza di una "sostenibilità dei prodotti da costruzione" e della "prestazione ambientale dei manufatti edili" nella transizione verso la neutralità climatica.

dell'organizzazione dei TAB (*Technical Assessment Bodies*). Tale valutazione permette che sul prodotto possa essere apposto il marchio CE, permettendone la circolazione nel mercato interno.

3.3. Prospettive nazionali per i rifiuti da costruzione e demolizione

3.3.1. Incentivare la sostenibilità: il PAN GPP

La prima disposizione normativa italiana a effettuare una distinzione in merito ai rifiuti derivanti dalle attività di costruzione e demolizione è il D. Lgs. 22/1997, il cd. "Decreto Ronchi". Nell'ambito della classificazione dei rifiuti, quelli derivanti da C&D sono inquadrati quali rifiuti speciali – indipendentemente dalle caratteristiche di pericolosità, che ne determinano una successiva suddivisione – con riferimento alla codificazione del CER (illustrata nella tab. 3.1).
Il recepimento italiano delle disposizioni determinate dalla Direttiva quadro europea in materia di gestione dei rifiuti avviene con il D. Lgs. 205/2010. Tale decreto modifica e integra le disposizioni contenute alla relativa sezione IV del Testo unico Ambientale (D. Lgs. 152/2006[48]). Oltre a istituire la Gerarchia dei Rifiuti, indicando quindi i processi di riuso come soluzione prioritaria rispetto al riciclaggio, il Decreto precisa come le iniziative di "riutilizzo di prodotti e preparazione per il riutilizzo di rifiuti" debbano essere promosse dalle PA anche attraverso "la costituzione ed il sostegno di centri e reti accreditati di riparazione/riutilizzo" (art.6).
Il riferimento alla Pubblica Amministrazione in questi termini non è dovuto esclusivamente al fatto che "la gestione dei rifiuti costituisce attività di pubblico interesse" (art. 1), bensì anche al fatto che tali enti sono considerati i primi tenuti a operare secondo criteri di sostenibilità. Con l'emanazione del Decreto Interministeriale dell'11 aprile 2008 viene infatti stabilito il "Piano d'azione nazionale per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione[49]" (*Green Public Procurement*), PAN GPP.[50] Rispetto alle norme precedenti in materia (Decreto del Ministero dell'Ambiente n.203 dell'8 maggio 2003), che disponevano che il 30% dei beni utilizzati nel pubblico dovesse essere costituito da prodotti ottenuti da materiale riciclato, quella del 2008 produce una considerevole implementazione degli appalti verdi. Il GPP è definito come l'"approccio in base al quale le Amministrazioni Pubbliche integrano i criteri ambientali in tutte le fasi del processo di acquisto, incoraggiando la diffusione di tecnologie ambientali e lo sviluppo di prodotti validi sotto il profilo ambientale, attraverso la ricerca e la scelta dei risultati e delle soluzioni che hanno il minore impatto possibile sull'ambiente lungo l'intero ciclo di vita". Tale visione promuove l'orientamento dei processi di acquisto verso scelte di beni, servizi e lavori che presentano i minori impatti ambientali, prendendo in considerazione "non solo gli

48 - Il quale faceva riferimento, in tema di gestione dei rifiuti, alla Direttiva 2006/12/CE, abrogata dalla vigente Direttiva quadro. Esso già specificava le definizioni di "rifiuto", ovvero "qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o abbia l'obbligo di disfarsi", e di "prevenzione", ovvero le "misure adottate prima che una sostanza, un materiale o un prodotto diventi rifiuto che riducono i) la quantità dei rifiuti, anche attraverso il riutilizzo dei prodotti o l'estensione del loro ciclo di vita; ii) gli impatti negativi dei rifiuti prodotti sull'ambiente e la salute umana; iii) il contenuto di sostanze pericolose in materiali e prodotti".

49 - Sin dal 2003, la Politica Integrata dei Prodotti (paragrafo 3.1) individua infatti nell'integrazione della dimensione ambientale negli appalti pubblici la possibilità di innescare un meccanismo di leva volto a incoraggiare modelli di consumo sostenibili.

50 - Modificato e integrato dal D.Lgs. 50/2016 (Codice Appalti) in attuazione delle direttive UE.

aspetti attribuibili alla progettazione, alla produzione, all'uso e allo smaltimento, ma anche i costi effettivi per la collettività", ovvero, in altri termini, le esternalità. Per orientare le scelte verso acquisti più sostenibili è necessario che siano definiti i Criteri Ambientali Minimi (CAM), ovvero dei principi, definiti per ciascuna delle categorie merceologiche identificate, che siano inseriti nei bandi di gara. I CAM considerano gli aspetti di un bene, servizio o lavoro connessi al ciclo di vita ambientale dello stesso e che ne qualificano un output. Essi "si definiscono minimi essendo 'di base' di qualificazione delle iniziative ambientalmente preferibili e la somma degli elementi tecnici atti a garantire un'adeguata risposta da parte del mercato dell'offerta". Tra i riferimenti principali per determinare i criteri sono indicate le etichette e dichiarazioni ambientali, "strumenti conoscitivi che garantiscono informazioni sul ciclo di vita, sulla base dei quali è possibile selezionare e individuare le caratteristiche ecologiche dei beni e servizi acquistati". Tali riferimenti possono essere di vario tipo:

a. etichette ambientali (ISO Tipo I), basate su un sistema multi-criterio che considera l'intero ciclo di vita del prodotto, sottoposte a certificazione esterna da parte di un ente indipendente [ISO 14024];
b. autodichiarazioni ambientali (ISO Tipo II), fornite da parte di produttori, importatori o distributori di prodotti, senza che vi sia l'intervento di un organismo indipendente di certificazione (tra le quali: "riciclabile", "compostabile", ecc.) [ISO 14021];
c. etichette ecologiche (ISO Tipo III) riportano dichiarazioni basate su parametri stabiliti e contengono una quantificazione degli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto. Tra di esse rientrano, le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (*Environmental Product Declaration*, EPD) [ISO 14025];
d. marchi ed etichettature obbligatori (es. classe energetica elettrodomestici);
e. certificazioni di sistemi di gestione ambientale di attività e servizi influenti sulle caratteristiche del prodotto acquistato (FSC, PFSC).

Uno dei principali obbiettivi del GPP è quello dell'uso efficiente delle risorse e del conseguente risparmio in termini delle stesse, insieme a una riduzione delle emissioni di CO_2. A tale intento si accompagnano quelli di riduzione delle sostanze pericolose e di riduzione quantitativa dei rifiuti, attraverso "criteri ambientali che favoriscano l'acquisto e la diffusione di prodotti dalla durata di vita maggiore, facilmente riutilizzabili, contenenti materiali riciclati, disassemblabili, riciclabili". I CAM sono individuati per le categorie merceologiche definite quali settori prioritari di intervento sulla base di due parametri principali, gli impatti ambientali prodotti e i volumi di spesa pubblica coinvolti. Tra le prime undici categorie menzionate dal DM compare anche quella edilizia, relativa a "costruzioni e ristrutturazioni di edifici con particolare attenzione ai materiali da costruzione, costruzione e manutenzione delle strade".

3.3.2. Ruolo dei Criteri Ambientali Minimi in edilizia

Lo sviluppo dei CAM in edilizia, "requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo di acquisto, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale lungo il ciclo di vita, tenuto conto della disponibilità di mercato" è strettamente legato all'evoluzione normativa del Codice degli appalti.

Il riferimento normativo in vigore è quello del DM 11 ottobre 2017[51], "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici". Tali criteri vanno a coprire tutto il ciclo di vita degli edifici, comprendendo nuova costruzione, ristrutturazione, manutenzione, riqualificazione energetica e gestione di cantiere. Le indicazioni presenti contribuiscono, in tali ambiti, a definire le procedure di gara "che consentono di migliorare il servizio o lavoro prestato, assicurando prestazioni ambientali superiori alla media superiore". I criteri, infatti, "corrispondono ove possibile a caratteristiche e prestazioni ambientali superiori a quelle previste dalle leggi nazionali e regionali" vigenti al momento dell'emanazione del Decreto.
Le specifiche tecniche relative agli edifici, siano essi di nuova costruzione, interventi di demolizione e ricostruzione o di ristrutturazione importante, conferiscono una notevole rilevanza al tema energetico. È infatti stabilita la necessità di una diagnosi energetica nel caso di ristrutturazioni e manutenzioni [criterio 2.3.1], come dei livelli minimi di prestazione energetica globale per i nuovi fabbricati o le riqualificazioni energetiche [2.3.2] e l'approvvigionamento da fonti rinnovabili per un 10% del fabbisogno energetico complessivo dell'edificio [2.3.3].
In termini di efficienza delle risorse materiali, è introdotto il "piano di manutenzione dell'opera". Il progetto dell'edificio deve infatti "prevedere la verifica dei livelli prestazionali (qualitativi e quantitativi) in riferimento alle prestazioni ambientali di cui alle specifiche tecniche e ai criteri premianti" [2.3.6] e, nel caso di interventi di nuova edificazione, sono inoltre determinati dei criteri per la gestione del fine vita delle costruzioni. Queste ultime devono "prevedere un piano per il disassemblaggio e per la demolizione selettiva dell'opera a fine vita che permetta il riutilizzo o il riciclo dei materiali, componenti edilizi e degli elementi prefabbricati utilizzati" [2.3.7]. Il soddisfacimento di tale richiesta sarà verificato dalla presentazione, da parte del progettista, di un prospetto contenente l'elenco di tutti i materiali, componenti edilizi ed elementi prefabbricati "che possono essere in seguito riutilizzati o riciclati, con l'indicazione del relativo peso rispetto al peso totale dell'edificio".
Per quanto concerne le specifiche tecniche dei componenti edilizi [2.4], i relativi criteri sono determinati

> allo scopo di ridurre l'impatto ambientale sulle risorse naturali, di aumentare l'uso di materiali riciclati aumentando così il recupero dei rifiuti, con particolare riguardo ai rifiuti da demolizione e costruzione[52] fermo restando il rispetto di tutte le norme vigenti e di quanto previsto dalle specifiche norme tecniche di prodotto, il progetto di un edificio (nel caso di ristrutturazioni si intende l'applicazione ai nuovi materiali che vengono usati per l'intervento o che vanno a sostituire materiali già esistenti nella costruzione). (Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2017)

51 - Con la L 221/2015 art.18, i CAM sono introdotti nel Codice Appalti del 2006 (D. Lgs. 12 aprile 2006, n. 163), successivamente abrogato dal D. Lgs. 50/2016 art.34 (Nuovo Codice Appalti) che subisce negli anni modificazioni e integrazioni (D. Lgs. 56/2017; D.L. 26 ottobre 2019, n. 124).

52 - I CAM in edilizia si qualificano anche come uno strumento per raggiungere l'obbiettivo "di riciclare entro il 2020 almeno il 70% dei rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi, nonché i prodotti contenenti materiali post-consumo o derivanti dal recupero degli scarti, dei materiali rivenienti dal disassemblaggio dei prodotti complessi" (D.M. 11 ottobre 2017).

La seguente tabella 3.3 riassume gli aspetti principali delle disposizioni relative al reimpiego di materiale (riciclo) o di elementi edilizi (riuso) per i criteri comuni e quelli specifici per determinati componenti

Criteri comuni a tutti i componenti edilizi		
2.4.1.1.	Disassemblabilità	Almeno il 50% peso/peso dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati, escludendo gli impianti, deve essere sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva ed essere riciclabile o riutilizzabile. Di tale percentuale, almeno il 15% deve essere costituito da materiali non strutturali
2.4.1.2	Materia recuperata o riciclata	Il contenuto di materia recuperata o riciclata nei materiali utilizzati per l'edificio, anche considerando diverse percentuali per ogni materiale, deve essere pari ad almeno il 15% in peso valutato sul totale di tutti i materiali utilizzati. Di tale percentuale, almeno il 5% deve essere costituita da materiali non strutturali. Per le diverse categorie di materiali e componenti edilizi valgono in sostituzione, qualora specificate, le percentuali contenute nel capitolo 2.4.2. Il suddetto requisito può essere derogato quando il componente impiegato rientri contemporaneamente nei due casi sotto riportati: i) abbia una specifica funzione di protezione dell'edificio da agenti esterni quali ad esempio acque meteoriche (p. es. membrane per impermeabilizzazione); ii) sussistano specifici obblighi di legge a garanzie minime di durabilità legate alla suddetta funzione.
Criteri specifici per i componenti edilizi		
2.4.2.1	Calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati	I calcestruzzi usati per il progetto devono essere prodotti con un contenuto di materiale riciclato (sul secco) di almeno il 5% sul peso del prodotto (inteso come somma delle singole componenti). Al fine del calcolo della massa di materiale riciclato va considerata la quantità che rimane effettivamente nel prodotto finale
2.4.2.2	Elementi prefabbricati in calcestruzzo	Gli elementi prefabbricati in calcestruzzo utilizzati nell'opera devono avere un contenuto totale di almeno il 5% in peso di materie riciclate, e/o recuperate, e/o di sottoprodotti.
2.4.2.3	Laterizi	I laterizi usati per muratura e solai devono avere un contenuto di materie riciclate e/o recuperate (sul secco) di almeno il 10% sul peso del prodotto. Qualora i laterizi contengano, oltre a materia riciclate e/o recuperate, anche sottoprodotti e/o terre e rocce da scavo, la percentuale deve essere di almeno il 15% sul peso del prodotto. I laterizi per coperture, pavimenti e muratura faccia vista devono avere un contenuto di materie riciclate e/o recuperate (sul secco) di almeno il 5% sul peso del prodotto. Qualora i laterizi contengano, oltre a materia riciclate e/o recuperate, anche sottoprodotti e/o terre e rocce da scavo, la percentuale deve essere di almeno il 7,5% sul peso del prodotto. Al fine del calcolo della massa di materiale riciclato va considerata la quantità che rimane effettivamente nel prodotto finale
2.4.2.4	Sostenibilità e legalità del legno	Per materiali e i prodotti costituiti di legno o in materiale a base di legno, o contenenti elementi di origine legnosa, il materiale deve provenire da boschi/foreste gestiti in maniera sostenibile/responsabile o essere costituito da legno riciclato o un insieme dei due.
2.4.2.5	Ghisa, ferro, acciaio	Per gli usi strutturali deve essere utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materiale riciclato come di seguito specificato in base al tipo di processo industriale: acciaio da forno elettrico: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 70%; acciaio da ciclo integrale: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 10%
2.4.2.6	Componenti in materie plastiche	Il contenuto di materia riciclata o recuperata deve essere pari ad almeno il 30% in peso valutato sul totale di tutti i componenti in materia plastica utilizzati. Il suddetto requisito può essere derogato nel caso in cui il componente impiegato rientri contemporaneamente nelle due casistiche sotto riportate: i) abbia una specifica funzione di protezione dell'edificio da agenti esterni quali ad esempio acque meteoriche (membrane per impermeabilizzazione) ii) sussistano specifici obblighi di legge relativi a garanzie minime di durabilità legate alla suddetta funzione
2.4.2.7	Murature in pietrame e miste	Per le murature per opere di fondazione e opere in elevazione il progettista deve prescrivere l'uso di solo materiale di recupero (pietrame e blocchetti)
2.4.2.8	Tramezzature e controsoffitti	Le tramezzature e i controsoffitti, destinati alla posa in opera di sistemi a secco devono avere un contenuto di almeno il 5% in peso di materie riciclate e/o recuperate e/o di sottoprodotti.

2.4.2.9	Isolanti termici ed acustici	(…) se il prodotto finito contiene uno o più dei componenti elencati nella seguente tabella, questi devono essere costituiti da materiale riciclato e/o recuperato secondo le quantità minime indicate, misurato sul peso del prodotto finito [percentuale di riciclato e/o recuperato in base al materiale e a tre tipi di prodotto: pannello, materassini o a spruzzo/insufflato/ stipato]

Tab. 3.3. Disposizioni in merito a contenuto di riciclato o di recupero per i componenti edilizi secondo il Green Public Procurement (CAM Edilizia, DM 11 ottobre 2017)

La gestione del cantiere si dimostra cruciale nel raggiungimento del goal 2020 per i rifiuti da C&D e, per tale ragione "le demolizioni e le rimozioni dei materiali devono essere eseguite in modo da favorire, il trattamento e recupero delle varie frazioni di materiali". Il Decreto dispone infatti che almeno il 70%, in peso dei rifiuti prodotti, deve essere avviato a operazioni di preparazione per il riutilizzo, recupero riciclaggio. A tale scopo "il contraente dovrà effettuare una verifica precedente alla demolizione al fine di determinare ciò che può essere riutilizzato, riciclato o recuperato. Tale verifica include le seguenti operazioni:

a. individuazione e valutazione dei rischi di rifiuti pericolosi che possono richiedere un trattamento o un trattamento specialistico, o emissioni che possono sorgere durante la demolizione;
b. una stima delle quantità con una ripartizione dei diversi materiali da costruzione;
c. una stima della percentuale di riutilizzo e il potenziale di riciclaggio sulla base di proposte di sistemi di selezione durante il processo di demolizione;
d. una stima della percentuale potenziale raggiungibile con altre forme di recupero dal processo di demolizione."

In altri termini, nel caso degli edifici pubblici l'audit pre-demolizione è reso obbligatorio e le misure intraprese per le attività di demolizione selettiva e per le operazioni di recupero dei rifiuti dovranno inserite nella relazione tecnica.

Tutti i materiali di cui è previsto l'impiego in cantiere dovranno rispondere ai requisiti determinati dai criteri di cui alla tabella 3.3. Sono inoltre definiti alcuni criteri premianti per il miglioramento prestazionale del progetto (nel caso il contenuto minimo di materiale post-consumo sia maggiore rispetto al minimo prescritto)[53]; per l'installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi energetici; per l'impiego di materiali da costruzione derivati da materie prime rinnovabili per almeno il 20% del peso su quello complessivo.

Viene premiata anche la scelta di prossimità in termini di approvvigionamento dei prodotti da costruzione nel caso di "materiali estratti, raccolti o recuperati, nonché lavorati (processo di fabbricazione) ad una distanza massima di 150 km dal cantiere di utilizzo, per almeno il 60% in peso sul totale dei materiali utilizzati" [2.6.5]. A tale criterio, incentrato sul tema della decarbonizzazione, segue uno relativo l'efficienza delle risorse materiali, che premia "la redazione di un bilancio materico relativo all'uso efficiente delle risorse impiegate per la realizzazione e manutenzione dei manufatti e/o impiegati nel servizio oggetto del bando" verificato attraverso "una quantificazione delle risorse materiche in input ed in output (fine vita dei manufatti) andando ad indicare la presunta destinazione dei materiali giunti a fine vita".

53 - "Resta fermo l'obbligo di rispettare i requisiti prestazionali stabiliti dalle norme tecniche di settore, quanto previsto dal regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, nonché le altre specifiche tecniche che fissano le ulteriori caratteristiche ambientali considerate lungo il ciclo di vita di tali materiali e manufatti" (DM 11 ottobre 2017).

3.3.3. Risorse materiali e ciclo di vita degli edifici nel nuovo Codice Appalti

Come già menzionato, l'evoluzione dei Criteri Ambientali Minimi, sia in generale che nello specifico dell'edilizia, è strettamente legata a quella del Codice per gli Appalti Pubblici (D. L.gs. 50/2016 ss.mm.ii.). I lavori edilizi che quest'ultimo disciplina riguardano "le attività di costruzione, demolizione, recupero, ristrutturazione urbanistica ed edilizia, sostituzione, restauro, manutenzione" identificate all'allegato I del Decreto e distinte per codice NACE. Alcuni aspetti, tra i molteplici presi in considerazione dal Codice, riflettono la necessità di ottemperare alle disposizioni europee in termini di incremento della sostenibilità della Pubblica Amministrazione, soprattutto in merito all'efficienza delle risorse materiali. L'ottica con cui questa tematica viene affrontata esamina l'intero ciclo di vita delle costruzioni, sia nel caso di nuova edificazione che di interventi sull'esistente, in termini esigenziali-prestazionali[54].

In primo luogo, la progettazione in materia di lavori pubblici è intesa ad assicurare la "qualità architettonica e tecnico-funzionale e di relazione nel contesto dell'opera" e "la conformità alle norme ambientali". A tali intenti deve, allo stesso tempo, essere coniugato "il risparmio e l'efficientamento ed il recupero energetico nella realizzazione e nella successiva vita dell'opera, nonché la valutazione del ciclo di vita e della manutenibilità delle opere" [art. 23]. In particolar modo, al conseguimento degli obbiettivi ambientali previsti dal PAN GPP le stazioni appaltanti contribuiscono "attraverso l'inserimento, nella documentazione progettuale e di gara, almeno delle specifiche tecniche e delle clausole contrattuali contenute nei criteri ambientali minimi" [art. 34]. I CAM devono essere presi in considerazione anche nel caso in cui la gara di affidamento sia predisposta secondo il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa. Sono al contempo previste alcune deroghe a tale processo, nel caso delle "categorie di appalto riferite agli interventi di ristrutturazione, inclusi quelli comportanti demolizione e ricostruzione" ove i criteri ambientali "sono tenuti in considerazione, per quanto possibile, in funzione della tipologia di intervento e della localizzazione delle opere da realizzare". Queste disposizioni sono applicate alle opere di qualunque importo.

I Criteri Ambientali Minimi sono presi in considerazione sulla base delle specifiche tecniche [art. 68] incluse nell'allegato XIII del Decreto. Esse, nel caso degli appalti pubblici di lavori, "definiscono le caratteristiche richieste di un materiale, un prodotto o una fornitura in modo che rispondano all'uso a cui sono destinati dall'amministrazione aggiudicatrice o dall'ente aggiudicatore". Tra le caratteristiche rientrano quelle relative alla prestazione ambientale e alle ripercussioni in termini climatici, unite alla valutazione dei necessari requisiti di conformità, proprietà d'uso e sicurezza, la marcatura e l'etichettatura. È inoltre necessario che siano considerati "i processi e i metodi di produzione in qualsiasi momento del ciclo di vita dei lavori". La formulazione delle specifiche tecniche può rispondere a differenti modalità, che principalmente considerano (i) la dichiarazione "in termini di prestazioni o di requisiti funzionali, comprese le caratteristiche ambientali" e (ii) "il riferimento a specifiche tecniche", a norme che recepiscono norme europee, valutazioni tecniche europee (ETA), o altre norme internazionali o nazionali. Tali due modalità sono considerate equivalenti, ovvero, nel caso la stazione appaltante abbia fatto riferimento alle specifiche tecniche (ii),

54 - Si intende per "capitolato prestazionale, il documento che indica, in dettaglio, le caratteristiche tecniche e funzionali, anche per gli aspetti edilizi, infrastrutturali e ambientali, che deve assicurare l'opera costruita e che traduce il quadro esigenziale in termini di requisiti e prestazioni che l'opera deve soddisfare, stabilendone la soglia minima di qualità da assicurare nella progettazione e realizzazione" (D. Lgs. 50/2016).

essa non può escludere le offerte che dimostrano come le soluzioni ottemperino ai requisiti che dalle specifiche tecniche sono definiti. Analogamente, nel caso il bando abbia definito determinati termini di prestazioni e requisiti funzionali (i), la stazione appaltante non può escludere le offerte conformi alle norme incluse nel caso (ii) se tali specifiche contemplano le prestazioni e i requisiti richiesti.

3.4. Conclusioni. La promozione della circolarità nel settore delle costruzioni

Dal quadro delle strategie e politiche europee emerge come il riconoscimento degli impatti ambientali dei prodotti in prospettiva *life cycle* richieda, per una gestione delle risorse sostenibile e volta alla riduzione delle esternalità ambientali, di coniugare efficienza in termini energetici e in termini materiali.
Attraverso la lettura delle linee di indirizzo comunitarie è infatti possibile registrare come i macro-obbiettivi di decarbonizzazione ed efficienza energetica siano stati associati dapprima alla gestione efficiente delle risorse materiali e, in seguito, all'attivazione di strategie di tipo circolare. Si tratta di un approccio che deriva, da un lato, dalla rinnovata attenzione ai costi ambientali dettati da tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti e, dall'altro, dal fatto che la contemporanea gestione delle risorse materiali - oltre a erodere il capitale naturale - imponga considerevoli ricadute negative in tema di energia ed emissioni.
Da quanto indagato emerge come sulla fase progettuale dei prodotti grava dunque la responsabilità di rendere tali beni durabili, di evitare lo spreco di risorse e di consentirne una gestione del fine vita efficace sotto il profilo ambientale. Quest'ultima può essere promossa non solo attraverso processi di riciclo, che manifestano una scarsa efficienza di fronte al volume di rifiuti da trattare, ma operando attraverso riparazione, riuso e *upgrade* o *remanufacture,* secondo un principio di estensione della vita utile.
Quello votato alla circolarità rappresenta inoltre un approccio alla sostenibilità che, come suggerito dagli SDGs, può produrre benefici non solo ambientali, ma trasversali a più domini, soprattutto se attivato attraverso i processi dei *loop* più interni come il riuso.
Tra i settori economici più rilevanti in termini di consumo energetico e materiale, la sfera edilizia rappresenta un ambito in cui appare necessario attivare strategie di tipo circolare per via dell'entità dei prelievi di risorse naturali, dei rifiuti da C&D, nonché delle emissioni generate nel ciclo di vita dei prodotti e componenti. Attraverso questa transizione sarebbe possibile promuovere dei modelli di produzione e consumo che permetterebbero di mantenere il valore dei prodotti più a lungo all'interno del mercato, obbiettivo al quale potrebbe concorrere l'attivazione di processi di reimpiego.
La normativa in vigore in ambito di rifiuti rispecchia questa prospettiva, privilegiando le attività di prevenzione rispetto a quelle di gestione ed evidenziando come il riuso, diretto o indiretto, comporti maggiori vantaggi rispetto ai trattamenti di riciclo del materiale. Ciò nonostante, l'incertezza in merito all'applicazione del concetto di rifiuto non incoraggia la massimizzazione dei benefici ottenibili e la difficoltà nell'ottenere la marcatura CE per i prodotti di seconda mano non agevola la circolazione e la messa in opera degli elementi di reimpiego.
Una maggior diffusione e applicazione di procedure come demolizione selettiva o decostruzione permetterebbe l'attivazione di processi circolari nella filiera edilizia, benché esse appaiano, al giorno d'oggi, scarsamente praticate. A tale scopo, alcuni recenti strumenti della Commissione Europea e dell'UNI promuovono pratiche esemplari come l'audit pre-demolizione, l'inventario di materiali e prodotti e le disposizioni per la gestione dei flussi materiali. Questi documenti di indirizzo, seppur non chiariscano i dubbi derivanti dai vuoti normativi, incoraggiano e facilitano i processi di riuso. Inoltre, in ambito nazionale, l'introduzione dei Criteri Ambientali Minimi nell'ambito degli appalti pubblici permette di compiere

un primo passo per la transizione verso una circolarità, e dunque una maggior sostenibilità, nel settore delle costruzioni.
La seguente tabella 3.4 compie una sintesi delle strategie, politiche e normative esaminate nel capitolo, nonché delle linee di indirizzo analizzate. L'approfondimento di tale cornice ha inteso restituire lo scenario contemporaneo con il quale si confrontano i processi di riuso di elementi edilizi, raccontandone, al contempo, l'evoluzione, dal focus sull'efficienza materiale alle più recenti politiche a sostegno della circolarità.

Tab.3.4. Riepilogo di strategie, politiche e normative esaminate nel capitolo 3, cornice relativa alla circolarità delle risorse materiali in edilizia.

Quadro delle strategie e politiche europee		
2010	Europa 2020: Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva	Commissione Europea
2011	Un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse – Iniziativa faro nell'ambito della strategia Europa 2020	Commissione Europea
2011	Roadmap per un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse	Commissione Europea
2012	Strategia per la competitività sostenibile del settore delle costruzioni e delle sue imprese	Commissione Europea
2013	7°EAP: "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta"	Parlamento Europeo
2014	Opportunità per migliorare l'efficienza delle risorse nell'edilizia	Commissione Europea
2015	L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione Europea per l'economia circolare	Commissione Europea
2019	Il Green Deal europeo	Commissione Europea
2020	Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e più competitiva	Commissione Europea
2020	Una nuova strategia industriale per l'Europa	Commissione Europea
Inquadramento normativo per gli elementi edilizi di recupero		
2008	Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti	Parlamento Europeo
2011	Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodott	Parlamento Europeo
2016	EU Construction & Demolition Waste Management Protocol	Commissione Europea
2018	Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings	Commissione Europea
2020	Prassi di Riferimento UNI/PdR 75:2020	UNI
Normativa italiana per la gestione efficiente delle risorse materiali nella PA		
2016	Nuovo Codice Appalti	D.Lgs. 50/2016
2017	Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici	D.M. 11 ott 2017

3.5. Bibliografia di capitolo

Altamura P., 2015. Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali da scarto in edilizia. Milano: Francoangeli

Bjørn A., Owsianiak M., Molin C., Hauschild M. Z., 2018. LCA History. In: Hauschild M.Z., Rosenbaum R.K., Olsen S. (eds.), *Life Cycle Assessment: Theory and Practice,* pp. 17-30. Berlin: Springer

Commissione Europea, 2000. Decisione della Commissione del 3 maggio 2000 che sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'articolo 1, lettera a), della direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi. 2000/532/CE

Commissione Europea (Commissione delle Comunità Europee), 2001. Libro verde sulla politica integrata relativa ai prodotti. COM (2001) 68

Commissione Europea (Commissione delle Comunità Europee), 2003. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo. Politica integrata dei prodotti. Sviluppare il concetto di "ciclo di vita ambientale". COM (2003) 302

Commissione Europea (Commissione delle Comunità Europee), 2005a. Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti. COM (2005) 666

Commissione Europea (Commissione delle Comunità Europee), 2005b. Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Strategia tematica per l'uso sostenibile delle risorse naturali. COM (2005) 670

Commissione Europea (Commissione delle Comunità Europee), 2005c. Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo relativa ad una Strategia tematica sull'ambiente urbano. COM (2005) 718

Commissione Europea (Commissione delle Comunità Europee), 2008. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio. L'iniziativa "materie prime" – rispondere ai nostri bisogni fondamentali per garantire la crescita e creare posti di lavoro in Europa. COM (2008) 699

Commissione Europea, 2010. Comunicazione della Commissione. Europa 2020: Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. COM (2010) 2020

Commissione Europea, 2011a. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse – Iniziativa faro nell'ambito della strategia Europa 2020. COM (2011) 21

Commissione Europea, 2011b. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Una tabella di marcia verso un'economia competitiva a basse emissioni di carbonio nel 2050. COM (2011) 112

Commissione Europea, 2011c. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse. COM (2011) 571

Commissione Europea, 2012. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio. Strategia per la competitività sostenibile del settore delle costruzioni e delle sue imprese. COM (2012) 433

Commissione Europea, 2014a. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Opportunità per migliorare l'efficienza delle risorse nell'edilizia. COM (2014) 445

Commissione Europea, 2014b. Decisione della Commissione del 18 dicembre 2014 che modifica la decisione 2000/532/CE relativa all'elenco dei rifiuti ai sensi della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio. 2014/955/UE

Commissione Europea, 2015. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione Europea per l'economia circolare. COM (2015) 614

Commissione Europea, 2016. EU Construction & Demolition Waste Management Protocol. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and

SMEs

Commissione Europea, 2018a. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo, al Comitato delle Regioni e alla Banca Europea per gli Investimenti. Un pianeta pulito per tutti: Visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra. COM (2018) 773

Commissione Europea, 2018b. Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.

Commissione Europea, 2019. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Il Green Deal europeo. COM (2019) 640

Commissione Europea, 2020a. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e più competitiva. COM (2020) 98

Commissione Europea, 2020b. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Una nuova strategia industriale per l'Europa. COM (2020) 102

Consiglio Europeo (Consiglio delle Comunità Europee), 1975. Direttiva del Consiglio del 15 luglio 1975 relativa ai rifiuti. 75/442/CEE

D.IM. 11 aprile 2008. Adozione del Piano d'azione Nazionale per il Green Public Procurement. GU 107 dell'8 maggio 2008, pp. 17-36

D.M. 11 ottobre 2017. Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici. GU 259 del 6 novembre 2017, pp. 25-44

D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. Attuazione delle direttive 91/156/CE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 92/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggi. GU 38 del 15 febbraio 1997.

D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale. GU n. 88 del 14 aprile 2006.

Decreto 8 maggio 2003, n. 203. Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo. GU 180 del 5 agosto 2003, pp. 15-19.

D. Lgs. 3 dicembre 2010, n. 205. Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. GU 288 del 10 dicembre 2010, pp. 1-135

D. Lgs. 18 aprile 2016, n. 50 (ss.mm.ii.). Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture (Codice dei contratti pubblici). GU 91 del 19 aprile 2016.

D. Lgs. 19 aprile 2017, n. 56. Disposizioni integrative e correttive al Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50. GU n.103 del 5 maggio 2017.

D.L. 26 ottobre 2019, n. 124 Disposizioni urgenti in materia fiscale e per esigenze indifferibili. GU n.252 del 26 ottobre 2019.

Ecorys, Copenhagen Resource Institute, 2014. Resource efficiency in the building sector: Final report. https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Resource%20efficiency%20in%20the%20building%20sector.pdf [07.2020]

Gorgolewski M., 2018. Reuse salvation: the architecture of reuse. Hoboken (USA): Johns Wiley & Sons Ldt

Krinstinsson J., Hendriks Ch. F., Kowalczyk T., te Dorsthorst B.J.H., 2001. Reuse of secondary elements: utopia or reality. Proceedings of the CIB World Building Congress, aprile 2001, Wellington (New Zealand).

Nazioni Unite, 2015. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld [09.2020]

Parlamento Europeo, 2008. Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.

Parlamento Europeo, 2011. Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio

del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio. GU dell'Unione europea, L 88, pp. 5-43

Parlamento Europeo, 2013. Decisione n.1386/2013/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio su un programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta".

Parlamento Europeo, 2018. Direttiva UE 2018/851 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti.

Powter A., Ross S., 2005. Integrating Environmental and Cultural Sustainability for Heritage Properties. In: *The Journal of Preservation Technology*, 36 (4), pp. 5-11, doi: http://www.jstor.org/stable/40003157

Stahel W., 2019. The circular economy: a user's guide. Edited by The Ellen MacArthur Foundation. New York: Routledge

Seys S., Rotor asbl, 2017. Vers un dépassement de freins reéglementaires au réemploi des éléments de construction. Un meilleur cadre pour le réemploi de produits, pas d'obligation de marquage CE et un système d'évaluation ad hoc. Le Bati Bruxellois Source de Nouveaux Materiaux. https://www.bbsm.brussels/en/publications-en/. [07.2019]

Stahel W., 1982. The Product-life factor. In: Orr S. G. (ed.), *An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: the role of the private sector* (Papers of the 1982 Mitchell Prize winners). Houston: HARC (Houston Area Research Center)

Stahel W., 2013. Policy for material efficiency – sustainable taxation as a departure from the throwaway society, *Philosophical Transaction of the Royal Society*, A 371: 20110567. Published by the Royal Society. http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2011.0567

Stahel W., 2019. The circular economy: a user's guide. Edited by The Ellen MacArthur Foundation. New York: Routledge.

van Dijk K., Boedianto P., te Dorsthorst B.J.H., Kowalczyk T., 2001. Strategy for reuse of construction and demolition waste: role of authorities. In: *Heron* 46(2), pp. 89-94. http://heronjournal.nl/archive.html [04.2020]

UNI EN ISO 14040:2006 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento

UNI EN ISO 14044:2018 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida

UNI, 2020. Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare. Prassi di Riferimento UNI/PdR 75:2020. http://store.uni.com/catalogo/uni-pdr-75-2020 [08.2020]

4. Quantificare la sostenibilità: i benefici ambientali dei processi di reimpiego

> *quantità s. f. [dal lat. quantĭtas -atis, der. di quantus «quanto, quanto grande»] – la proprietà e la condizione per cui un singolo ente o elemento, concreto o astratto, o una massa, possono essere misurati, e quindi la loro grandezza, eventualmente espressa in termini numerici*[1]

4.1. Gli elementi edilizi nella prospettiva del ciclo di vita

4.1.1. Energia e carbonio incorporati nei materiali e prodotti da costruzione

L'energia operazionale degli edifici arriva a rappresentare il 40% del consumo energetico totale europeo e il 36% a scala mondiale. Per tali ragioni, le politiche attuali incoraggiano la progettazione di nZEB (*nearly Zero Energy Buildings*), edifici che possiedono una elevatissima prestazione energetica e la cui quasi nulla, o minima, energia operazionale sia prodotta da fonti rinnovabili. In tempi più recenti, ampliando la prospettiva della gestione efficiente delle risorse a un'ottica di ciclo di vita, le considerazioni relative al contenimento degli impatti si sono estese anche ad altre fasi del processo edilizio: estrazione delle materie prime, processi produttivi, trasporti e fine vita. Ciò ha comportato, per la pratica architettonica, un radicale mutamento di prospettiva, riconoscendo la connessione

> [del]le più piccole parti di un edificio con i territori di estrazione, trasformazione e trasporto, riducendo una volta per tutte al silenzio l'eventualità di una architettura quale oggetto autonomo (…) [e considerando] l'edificio come un processo attivo, di assorbimento, la cui esistenza è solo una sospensione temporanea dei flussi materiali (Andraos, 2017).

Ciascuno dei processi che contribuiscono alla realizzazione di un materiale, prodotto o componente edilizio richiede un dispendio di energia e, al tempo stesso, produce delle emissioni inquinanti che sono introdotte nell'atmosfera. La quantità di energia necessaria per produrre e fornire al cantiere il materiale (o elemento) edilizio è definita come l'"energia incorporata" (*embodied energy*) [MJ/kg] dello stesso. Al fine di determinarne l'entità è necessario computare tutti gli input energetici impiegati nella maggior parte della filiera o del ciclo di vita (Hammond e Jones, 2008). Analogamente, l'insieme delle relative emissioni inquinanti, la cui importanza in prospettiva di ciclo di vita è dettata dall'apporto fornito al cambiamento climatico, viene è definita come "carbonio incorporato" (*embodied carbon*) [tCO_2eq].

1 - http://www.treccani.it/vocabolario/quantita/.

Il concetto di *embodied energy*, che può essere applicato a ogni prodotto, ma è in questo contesto riferito ai materiali ed elementi edilizi, non deriva da parametri universalmente condivisi. Ciò è dovuto al fatto che, come sarà ugualmente chiarito nel successivo paragrafo in merito all'LCA, la quantificazione di questi impatti incorporati dipende di volta in volta dai "confini del sistema" presi in considerazione, ovvero dai processi il cui input di energia è contabilizzato (fig.4.1). La Commissione Europea definisce l'energia incorporata delle costruzioni come "l'energia totale necessaria per l'estrazione, i trattamenti, le lavorazioni e la finalizzazione degli edifici"[2], mentre altre definizioni considerano un arco temporale più ampio, prendendo in esame "l'energia spesa per produrre, trasportare, mettere in opera, e smaltire i materiali e i componenti da costruzione

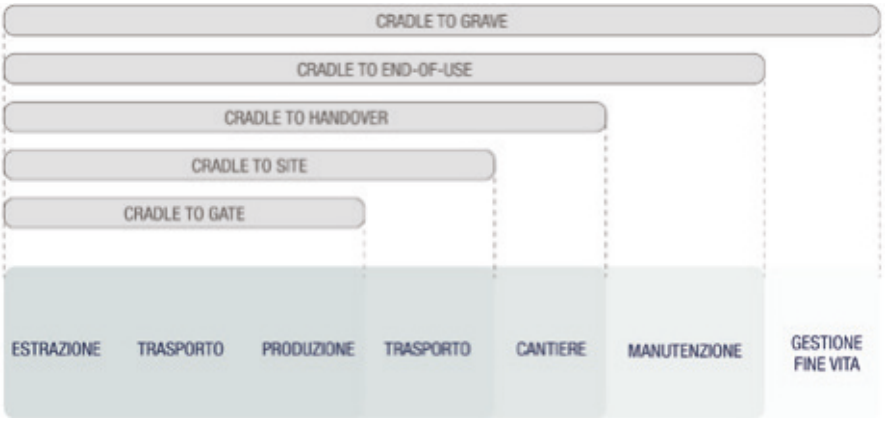


Fig.4.1. I più comuni perimetri impiegati per la valutazione dell'energia incorporata dei prodotti edilizi

che realizzano l'edificio" (Cardellicchio, 2015). Altre posizioni computano invece l'energia associata a tutti i processi relativi alla costruzione, dall'estrazione delle materie prime per la produzione degli elementi edilizi alla messa in opera di questi ultimi, ma separando il contributo determinato dal trasporto dal sito di produzione al cantiere, e distinguendolo con la definizione di "energia grigia"[3] (Lavagna, 2008). Gli approcci convenzionalmente adottati (Dixit et al., 2010; IEA e EBC, 2016) perimetrano i confini del sistema ai processi *cradle to gate*, prendendo in considerazione l'energia impiegata dall'estrazione delle materie prime al termine della fabbricazione dei prodotti, materiali e componenti, ma ampliando, in alcuni casi, la prospettiva al *cradle to site*, includendo le seguenti fasi di trasporto e cantiere. Il criterio più comprensivo in termini di ciclo di vita è quello che a arriva a considerare non solo le attività manutentive nel corso della vita utile dell'edificio, bensì anche l'energia spesa per le fasi di demolizione e gestione del fine vita, in una prospettiva *cradle to grave*. Altri perimetri intermedi impiegati sono il *cradle-to-handover*, nel quale è compresa la fase di cantiere, fino alla consegna del nuovo edificio, e il *cradle-to-end-of-use*, il quale include le manutenzioni nel corso della vita utile, fino alla dismissione (esclusa) (IEA e EBC, 2016).[4]

2 - https://ec.europa.eu/energy/eu-buildings-factsheets-topics-tree/embodied-energy_en.

3 - Spesso i due termini sono impiegati in lingua italiana come sinonimi, senza una loro diretta connessione a determinate fasi del ciclo di vita di un prodotto. Cardellicchio stesso (2015) utilizza il termine "energia grigia" e non "energia incorporata" nella stesura della voce "Edilizia" per l'Enciclopedia Treccani.

4 - Il potenziale di riciclo e reimpiego previsto dal Modulo D dell'LCA sarà trattato nel paragrafo successivo.

Il contributo dell'energia incorporata[5], unito a quello del relativo carbonio incorporato, ha acquisito in tempi recenti una importanza sempre maggiore nel determinare la sostenibilità ambientale di una costruzione (fig. 4.2).
Negli ultimi decenni, le politiche volte al risparmio energetico in edilizia hanno interessato la fase d'uso delle costruzioni, in quanto stadio del ciclo di vita che comporta la domanda energetica più consistente (una analoga riflessione accompagna la produzione di emissioni). Per tale ragione, il contenimento energetico non solo è stato affrontato in dettaglio dalle normative internazionali e nazionali, ma è anche considerato come elemento fondamentale dai *rating systems* per la valutazione della sostenibilità ambientale. Queste linee di indirizzo hanno promosso "la realizzazione di edifici a basso fabbisogno energetico" progettati prediligendo "materiali e prodotti ad alta efficienza energetica per l'involucro edilizio e impianti ad alto rendimento, con scelte tecnico-costruttive che mirano prevalentemente all'incremento dell'isolamento e dell'inerzia termica" (Altamura, 2015).
Se, da un lato, ciò ha permesso di ottenere il mantenimento del comfort indoor nonostante una notevole riduzione dei consumi energetici degli edifici, "d'altro canto, ha comportato un incremento degli impatti incorporati, e dunque nascosti, nei nuovi tipi di materiali e prodotti ad alte prestazioni impiegati" (Politi e Antonini, 2017). Si è generato in tal senso un effetto di *problem shifting*, dato che nel promuovere l'efficienza delle risorse energetiche nel corso di una fase del ciclo di vita della costruzione, quella d'uso, si è involontariamente concorso a incrementarne l'entità in tutti gli altri processi entro il perimetro *cradle-to-grave*. Dunque, gli edifici dotati di involucri dalle dispersioni termiche limitate sono caratterizzati da una energia incorporata più alta, ipotesi confermata da una analisi di 90 edifici condotta da Chastas et al. (2017). Nonostante la legislazione attuale non affronti i temi del rilevamento e della riduzione di energia e carbonio incorporati negli edifici, questi rappresentano una porzione considerevole, e in

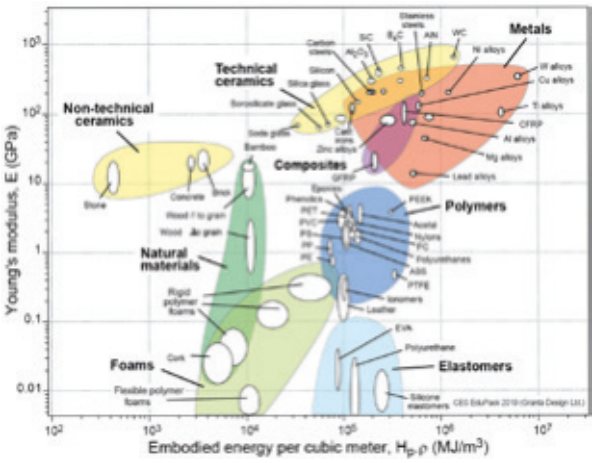


Fig.4.2. Energia incorporata per unità di volume di alcuni tra i più comuni materiali impiegati nelle costruzioni in relazione al Modulo di Young (ANSYS Granta © 2020 Granta Design)

5 - L'energia può essere incorporata in un prodotto edilizio in senso "metaforico" o "effettivo". Nel primo caso, "le risorse di energia primaria sono consumate come combustibile [nel corso della produzione]. Questo tipo di energia non è una parte fisica del prodotto, ma è associata allo stesso; di conseguenza è incorporata in un senso 'metaforico' quale modo per descrivere e allocare gli impatti causati dalle fasi del ciclo di vita di un prodotto al prodotto stesso". Nel secondo caso "la *feedstock energy* è l'energia primaria (risorse) che non è consumata come combustibile, ma impiegata come materia prima. Questo avviene per specifici prodotti che incorporano materiali fossili senza utilizzarli come combustibile, come nel caso dei combustibili fossili impiegati come *feedstock* [ovvero, come materia prima] per produrre plastica e gomma (…) Tale energia non è rilasciata ma mantenuta nel prodotto nel corso dell'intero ciclo di vita e, conseguentemente, è a disposizione come combustibile al di fuori del ciclo di vita (…) e può spesso essere (parzialmente) recuperata al fine vita del prodotto. Questo tipo di energia è una componente fisica del prodotto e, dunque, incorporata in un senso 'effettivo'" (IEA e EBC, 2016). L'esclusione o inclusione dell'energia di *feedstock* nel calcolo dell'energia incorporata di un prodotto è un criterio che determina la possibilità o meno di comparare tra loro studi diversi. Ulteriore distinzione che può essere fatta in merito agli input che concorrono all'energia incorporata è quella tra energia diretta, consumata nelle operazioni in cantiere o extra cantiere per costruzione, prefabbricazione, trasporti, ed energia indiretta, intesa come quella impiegata per la produzione degli elementi edilizi, compresi quelli utilizzati nella manutenzione (Dixit et al., 2010).

crescita[6], degli impatti ambientali edilizi "ed è di conseguenza sempre più riconosciuto che il focus sul decremento degli impatti operazionali debba essere accompagnato da un parallelo focus sugli impatti incorporati" (Birgisdottir et al., 2017) (tab. 4.1).

Paese	Studio	Anni rif.	Valori EE ed EG in relazione al ciclo di vita
UK	Yohanis e Norton (2012)	25	EE = 67% energia (ciclo di vita)
	Eaton e Amato (1998)	60	EG = 37-43% emissioni GHG (ciclo di vita)
	CIBSE (2010)	60	EG = 42-68% emissioni GHG (ciclo di vita)
Svezia	Thomark (2002)	50	EG = 45% emissioni GHG (ciclo di vita)
Portogallo	Pacheco-Torgal et al. (2013)	50	EE = 25% energia (ciclo di vita)
USA e Canada	Webster (2004)	50	EE = 2-22% energia (domanda per ciclo di vita)
	Engin e Francis (2010)	60	EG = 10-35% emissioni GHG (ciclo di vita)
Australia	Treloar (2000)	30	EE = 9-12% energia (ciclo di vita))
Israele	Huberman e Pearlmutter (2008)	50	EG = 60% emissioni GHG (ciclo di vita)

Tab. 4.1. Variazione di EE (Embodied Energy) ed EG (Emissioni GHG) in relazione ai rispettivi valori globali in prospettiva LCA per differenti edifici e infrastrutture, analisi tratta dalla letteratura (IEA e EBC, 2016)

Considerazioni di questo tipo stanno orientando le scelte progettuali nei confronti di materiali con inferiori impatti incorporati. Questo avviene in particolar modo nel caso delle componenti strutturali, comunemente realizzate in calcestruzzo o acciaio, materiali caratterizzati da una *embodied energy* elevata (unita a un ragguardevole consumo di materie prime non rinnovabili nel primo caso e mitigata da un alto tasso di riciclaggio nel secondo). Ad esempio l'impiego, in sostituzione degli stessi, del *Cross Laminated Timber* (CLT) permette solitamente di ridurre in modo notevole gli impatti incorporati nella struttura. Ciò nonostante è bene considerare in parallelo la durabilità degli elementi utilizzati in una costruzione, poiché nel corso di una lunga vita utile l'energia incorporata di un elemento viene ammortizzata nel tempo trascorso tra la messa in opera e la dismissione. Queste considerazioni dimostrano che, come nel caso dell'energia operazionale richiesta dalla fase d'uso della costruzione, anche in quello di energia e carbonio incorporati le esternalità possano essere previste e governate tenendo in considerazione questi aspetti sin dall'avvio della fase progettuale (IEA e EBC, 2016). Tra gli accorgimenti utili, Cardellicchio (2015) individua la minimizzazione del consumo di materiali ed energia come input, l'intensificazione dell'impiego del prodotto o componente, la scelta di elementi di facile manutenzione, nonché scelte semantiche, funzionali e di linguaggio non inclini all'obsolescenza: "se ne deduce che la fase di progettazione deve essere sensibilmente direzionata verso soluzioni distributive in grado di garantire un potenziale uso del fabbricato nel lungo periodo, attraverso facili rimozioni, sostituzioni e integrazioni di sue parti, portanti e non". Queste strategie, oltre a suggerire la scelta di materiali ed elementi prodotti con bassa intensità energetica, si affidano anche all'efficienza dei processi circolari, utilizzando un elemento per più cicli di vita o permettendo una facilità di riparazione, manutenzione e sostituzione[7].
In termini di aderenza alle politiche europee, il tema dell'*embodied energy* rientra

6 - "L'energia incorporata e le emissioni di CO_2 si differenziano in base al progetto dell'edificio, all'intensità energetica dei materiali, al mix energetico nazionale e alla quantità di materiali utilizzati, ma sono chiaramente considerevoli" (Birgisdottir et al., 2017).

7 - Va tuttavia tenuta in considerazione la relazione che si instaura tra la durabilità di un singolo elemento impiegato nell'edificio e quella della intera costruzione, dato che la scelta di prodotti o componenti che richiedano due o più cicli di manutenzione nel corso della vita utile del fabbricato concorrono a

nella sfera della gestione efficiente delle risorse materiali e dell'uso razionale delle risorse energetiche. Inoltre, se si considera come all'energia incorporata dovuta ai processi edilizi corrispondano le relative emissioni di sostanze inquinanti, in particolar modo GHG, appare evidente come delle azioni volte a minimizzare questi parametri incorporati possano produrre effetti positivi nel contrasto al cambiamento climatico. Tuttavia, nonostante l'energia incorporata delle costruzioni sia un indice dall'evidente rilievo in termini di sostenibilità ambientale, nell'ideazione di un nuovo edificio esso può essere considerato non solo come un vincolo ma come un criterio capace di stimolare nuovi approcci progettuali.

> Considerando l'energia come qualcosa da progettare, l'*embodied energy* non rappresenta tanto una necessità legata al tema della necessità, quanto una opportunità per migliorare i valori spaziali e percettivi (White, 2017).

Riflessioni analoghe a quelle relative all'energia incorporata nei materiali, prodotti e componenti edilizi possono essere condotte in merito al contenuto di carbonio. Con *embodied carbon* ci si riferisce convenzionalmente alla quantificazione dei gas a effetto serra (*GreenHouse Gases*, GHG)[8] emessi nel corso del ciclo di vita di un prodotto, escludendo la fase operazionale del fabbricato (IEA e EBC, 2016). Anche in questo caso, la fase d'uso di un edificio è quella che produce gli impatti maggiori nel corso del ciclo di vita, dato che l'andamento delle emissioni di carbonio segue di pari passo quello dell'energia impiegata. Ciò nonostante, il "trend globale che sta restringendo i regolamenti in ambito edilizi in termini di consumo di energia operazionale (…) determina che l'importanza dell'*embodied energy* e dell'associato *embodied carbon* diventi sempre maggiore" (IEA e EBC, 2016). Alla luce di queste circostanze, il ruolo che questi due parametri giocano all'interno del bilancio energetico di una costruzione, nonché in relazione alla domanda complessiva considerata nel corso dell'intero ciclo di vita, appare un indice molto importate da tenere in considerazione (Politi e Antonini, 2017).

4.1.2. Scelte progettuali e implicazioni ambientali: valutazione LCA

Parametri come energia e carbonio incorporati acquisiscono rilevanza in metodi di valutazione ambientale come l'LCA[9], il quale, come già menzionato nel paragrafo 3.1, permette di esaminare l'intero ciclo di vita di un prodotto – o parte di esso, a seconda della perimetrazione determinata dai confini del sistema scelti.
L'LCA è una metodologia standardizzata a livello internazionale (UNI EN ISO 14040:2006 e 14044:2018), che, quantificando tutte le emissioni prodotte e le risorse impiegate associate a dei beni o servizi, permette di valutarne i relativi impatti sull'ambiente e sulla salute umana, nonché quelli che comportano un impoverimento delle risorse naturali (CE-JRC-IES, 2010). In tal modo, l'analisi permette di identificare le opportunità di miglioramento individuando le aree della catena produttiva in cui gli impatti si dimostrano più considerevoli

incrementare l'energia incorporata di quest'ultimo (Altamura, 2015).

8 - Nonostante sia espresso in unità di CO_2 in peso, questo parametro normalizza a tale unità di misura le emissioni di altri gruppi di gas, convenzionalmente i cinque identificati nel Protocollo di Kyoto oltre all'anidride carbonica (CO_2): Metano (CH_4), protossido di azoto (N_2O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC), esafluoruro di zolfo (SF_6).

9 - Per una introduzione al concetto, si veda il paragrafo 1.2.1. Altri modi per determinare *embodied energy* ed *embodied carbon* di un elemento edilizio possono essere gli inventari (Hammond e Jones, 2011) o le informazioni contenute nelle EPD.

(Hammond e Jones, 2008). In una valutazione completa, il computo effettuato per ciascun processo in merito a materiali ed energia impiegati (input), nonché a inquinanti e rifiuti prodotti (output), viene condotto nel corso del ciclo *cradle-to-grave*, permettendo di controllare involontari effetti di *problem shifting*.
Nel caso in cui il procedimento sia applicato per la valutazione del ciclo di vita dei prodotti (o parte dello stesso, in base ai confini del sistema), le informazioni che da esso emergono sono raccolte nelle EPD, le etichette ambientali di tipo III (ISO 14025). Quando tale analisi si estende all'intero edificio, essa non si limita a considerare i singoli contributi degli elementi, ma computa anche gli input e output dettati dalla fase di messa in opera e d'esercizio. La figura 4.3 riporta, mettendole in relazione, le fasi del ciclo di vita di un edificio e dei prodotti che lo compongono in un approccio *cradle to grave*.
Se l'LCA di un prodotto segue le linee guida definite dagli standard UNI ISO 14040:2006 e 14044:2018, l'applicazione nell'ambito edilizio europeo avviene nel rispetto di due norme, rispettivamente relative al livello di prodotto da costruzione e a quello di fabbricato.
Nel primo caso viene osservata la norma UNI EN 15804:2019 "Sostenibilità delle costruzioni – Dichiarazioni ambientali di prodotto – Regole quadro di sviluppo per categoria di prodotto", la quale, tuttavia, non contiene gli strumenti necessari per l'inclusione delle EPD e per l'aggregazione degli impatti a livello edilizio.
Il secondo caso fa invece riferimento alla UNI EN 15978:2011 "Sostenibilità delle costruzioni – Valutazione della prestazione ambientale degli edifici – Metodo di calcolo", la quale suggerisce il metodo da seguire allo scopo di integrare le informazioni dei singoli prodotti per valutare l'intera costruzione (BRE, 2018). L'associazione delle informazioni da scala di prodotto a scala di fabbricato implica necessariamente delle considerazioni di tipo temporale.
La vita utile di riferimento dell'intero edificio (definita in base allo scopo della

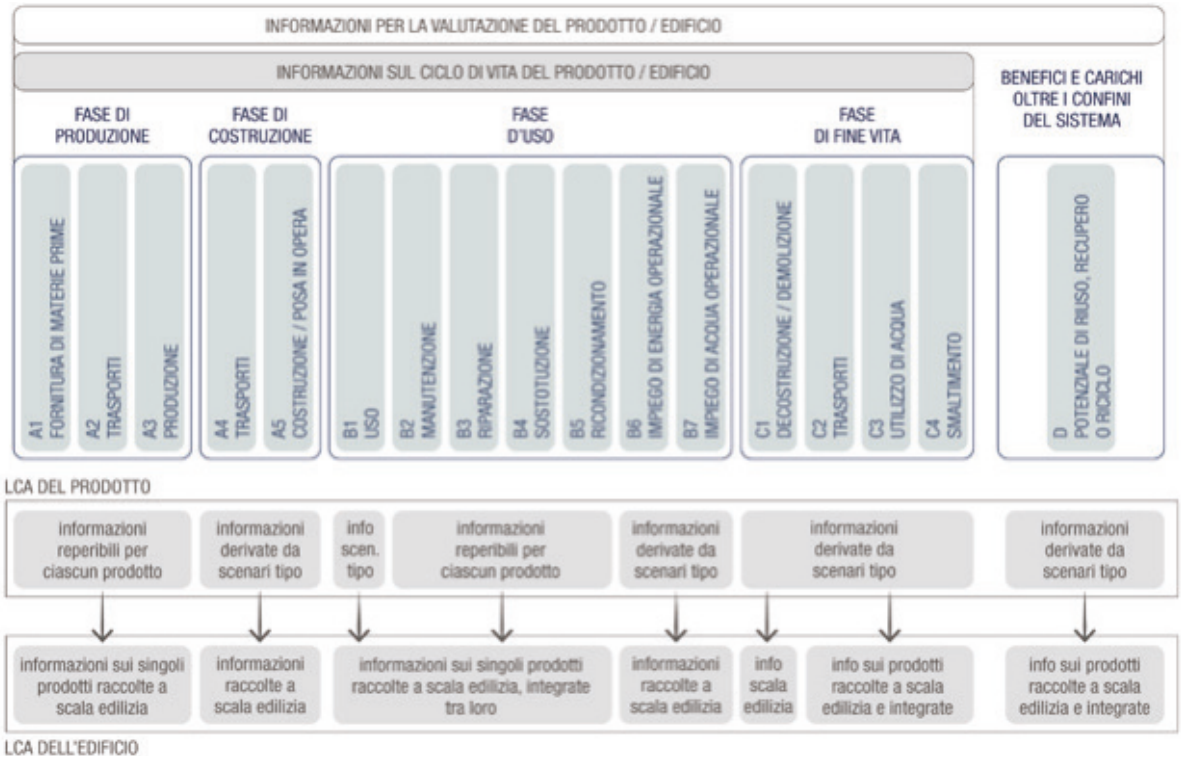


Fig. 4.3. Relazione tra l'LCA dei prodotti edilizi e quello delle costruzioni nei moduli che compongono il ciclo di vita. (EN 15804 ed EN 15978, https://www.eebguide.eu/eebblog/)

valutazione e, in caso la valutazione comparativa lo richieda, normalizzata attraverso un fattore di equivalenza) è infatti spesso più lunga di quella dei prodotti o componenti che lo costituiscono. Di conseguenza, alla vita di servizio prevista di questi elementi va aggiunta anche quella "supplementare", necessaria perché l'elemento adempia alla propria funzione per tutto il periodo di tempo preso in esame dallo studio, attraverso processi di prolungamento della vita utile o la sostituzione.

Come rappresentato nella figura 4.5, gli impatti ambientali considerati nell'intero ciclo di vita di un prodotto o componente comprendono la fase (A) di produzione (estrazione, trasporto, lavorazione) e di cantiere (trasporti e realizzazione/messa in opera), la fase (B) d'uso (uso, manutenzione, riparazione, sostituzione, ricondizionamento, impiego di energia operazionale, impiego di acqua operazionale) e infine (C) il fine vita (decostruzione/demolizione, trasporti, trattamenti dei rifiuti, smaltimento). Se la fase di produzione (*cradle-to-gate*, A1-A3) di un materiale o elemento edilizio è indipendente dall'uso che di esso sarà fatto in seguito, le successive andranno prefigurate attraverso la previsione delle necessarie attività di manutenzione, riparazione o sostituzione (B2-B5). In caso questi processi richiedano l'input di nuovi prodotti, per questi ultimi andrà naturalmente presa in considerazione la relativa fase di produzione e messa in opera (BRE, 2018).

Ai primi tre moduli si associa un eventuale quarto, che riguarda i "benefici e carichi oltre il sistema", in quanto il sistema arriva necessariamente a escludere la fase "*grave*" dell'analisi.

Il modulo D quantifica e aggiunge agli impatti tutti i carichi dovuti ai processi di riciclo o incenerimento, ma sottrae da tale quantità i benefici che questi processi comportano, evitando ulteriori impatti relativi alla produzione di nuovi materiali o elementi e il relativo consumo energetico. In tale contesto, il riuso permette di computare ancor più benefici del riciclaggio, senza, per contro, nemmeno comportare elevati carichi dettati dagli ulteriori processi di trattamento dei materiali (fig. 4.4). La modellazione di questo modulo presenta tuttavia alcune difficoltà (Wastiels et al., 2013). La prima di queste è dovuta alla difficoltà di determinare l'End-of-Waste di un prodotto, dato che un'operazione di riciclo (per esempio la frantumazione del calcestruzzo) può essere considerata sia come trattamento interno alla fase di fine vita (C3) oppure come esterna ai confini del sistema (D). Tale circostanza determina che gli impatti di questo processo possano essere allocati, in base alla scelta del valutatore, in una fase o nell'altra. La seconda difficoltà risiede nel determinare l'equivalenza funzionale con la "materia prima sostituita", poiché il potenziale di riciclo non è sempre chiaro, ci possono essere differenti modi per processare il materiale e, inoltre, l'equivalenza cambia in base alla "materia prima sostituita" scelta – conseguentemente i benefici.

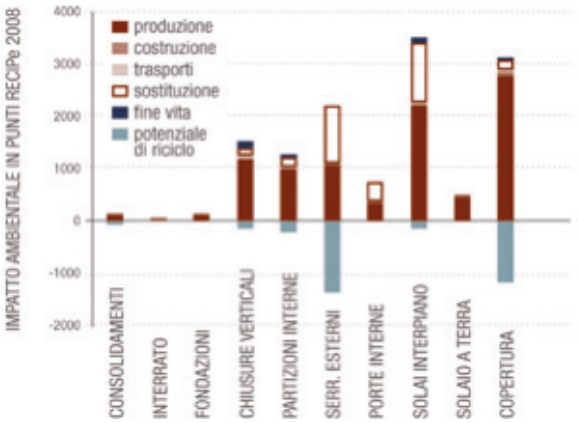


Fig. 4.4. Impatti delle soluzioni costruttive utilizzate per una ristrutturazione, dei quali sono evidenziate le diverse fasi del ciclo di vita (A, B, C) e individuato il potenziale di riciclo (D) in un caso studio in Belgio (da Wastiels et al., 2013).

4.2. Il profilo ambientale degli elementi di riuso

4.2.1. Gestire nuova costruzione e fine vita: responsabilità del progettista

Alla luce di una prospettiva che prende in considerazione quanto avviene "oltre" la fase d'uso degli edifici, gli impatti "nascosti" (Politi e Antonini, 2017) nei materiali e negli elementi delle costruzioni si dimostrano sempre più rilevanti in termini di sostenibilità ecologica. Tali circostanze mettono in luce le responsabilità del progettista nelle scelte relative ad approvvigionamento dei prodotti da costruzione, durabilità degli stessi, gestione dei processi costruttivi e di fine vita del fabbricato. Ciò nonostante, spesso "la conveniente 'impropria localizzazione' dell'energia incorporata"[10] permette ai progettisti "di non ritenersi responsabili delle conseguenze più energivore delle proprie decisioni" (Addington, 2017).
Che si tratti di un edificio di nuova costruzione[11] o di uno per cui è prevista la demolizione, la conoscenza del ciclo di vita di materiali, prodotti e componenti diviene fondamentale al fine di perseguire l'uso efficiente delle risorse in edilizia. Le strategie circolari si dimostrano ancora una volta uno strumento utile in entrambi gli scenari. Infatti, nel caso di una nuova realizzazione, progettare per la futura decostruzione[12] permette di prefigurare una seconda vita per gli elementi impiegati per comporre i sistemi costruttivi. Inoltre, l'eventuale integrazione di prodotti o componenti di reimpiego permette che questi ultimi non siano soggetti a processi di *downcycling*, bensì, al contrario, che la loro vita utile sia prolungata. Analoghe considerazioni emergono se si prende in esame la fase di fine vita di un edificio: perseguendo, quanto più possibile, la preservazione degli elementi nel corso di una demolizione selettiva si incrementano le possibilità che essi vengano successivamente gestiti attraverso dei processi più convenienti, in termini ecologici, del riciclo. Ove, infatti, è *già* stata consumata energia e sono *già* state prodotte emissioni inquinanti per imprimere sulla materia la forma desiderata dall'azione umana, dotando in tal modo un elemento di una propria e autonoma integrità formale (Ghyoot et al., 2018), appare auspicabile non incrementare ulteriormente gli impatti in termini ambientali. Questo approccio può accompagnare l'orientamento dei progettisti verso materiali e prodotti caratterizzati da quantità circoscritte di carbonio ed energia incorporati, fattore che costituisce un ulteriore elemento in favore della sostenibilità ambientale.
L'importanza di questo punto di vista è avvalorata dal fatto che le tematiche relative all'approvvigionamento responsabile dei prodotti da costruzione, nonché alla gestione circolare del loro fine vita, sono divenute oggetto di considerazione da parte dei principali protocolli di valutazione della sostenibilità ambientale in architettura. Se già da tempo, in tali valutazioni, la scelta di impiegare materiali contenenti una percentuale di riciclato o di tratteggiare scenari di recupero per i rifiuti da C&D è ritenuta premiante ai fini del punteggio finale raggiunto, una più estesa considerazione del ciclo di vita dei prodotti edilizi solleva ulteriori specifiche cui la costruzione può, o deve, rispondere. Inoltre, le ricadute di quest'ottica sul

10 - Il termine utilizzato in lingua originale è *mislocation*. La posizione assunta da Addington fa riferimento al fatto che, essendo l'*embodied energy* un impatto in qualche modo "incluso" in un prodotto da costruzione, e dunque appartenente alla storia "passata" dello stesso, non è percepibile in termini di consumi. Questa localizzazione "nascosta" dell'energia incorporata risulta dunque "conveniente" poiché un progettista può permettersi di non tenerla in considerazione nel corso della fase progettuale.

11 - Per semplificazione, all'interno di questo primo "scenario" sono compresi anche gli interventi di ristrutturazione poiché consentono la continuità d'uso del fabbricato.

12 - Il *Design for Disassembly* verrà esaminato in dettaglio nel paragrafo 5.1.

piano di gestione del fine vita determinano che la sostenibilità della demolizione di un edificio non sia valutata esclusivamente in termini di gestione delle frazioni materiali risultanti attraverso adeguati processi di riciclo, bensì considerando anche il quadro reso possibile da demolizione selettiva (con *strip-out*) e decostruzione. I principali protocolli di valutazione della sostenibilità ambientale affrontano queste tematiche in criteri afferenti a due sfere principali: l'approvvigionamento dei prodotti (dunque la preservazione delle risorse materiali) e la gestione del fine vita (dunque la limitazione degli impatti ambientali). Nella maggior parte dei casi è inoltre valutata l'analisi dell'intero ciclo di vita dell'edificio. Va specificato che, in alcuni dei *rating system* di seguito brevemente illustrati, viene sottolineato come la forma più sostenibile di riuso in ambito edilizio sia quella che permette il reimpiego dell'intero edificio[13], poiché consente di conservare gran parte del volume dello stesso e, in particolare, le porzioni strutturali[14].

4.2.2. Valutazione del riuso nei principali protocolli di sostenibilità

LEED 4.1 2019 (BD+C – New Construction and Major Renovation)

Il LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), nato per azione del *US Green Building Council* (US GBC) nel 1993, è un protocollo di valutazione ambientale mirato a identificare, implementare e valutare la progettazione sostenibile degli edifici e dei quartieri, esaminandone la fase costruttiva operazionale e di manutenzione. Il programma promuove differenti possibili strumenti in base all'oggetto della valutazione, permettendo di applicare formulazioni differenziate per le nuove costruzioni (*Building Design + Construction,* BD+C), edifici esistenti (*Building Operations + Maintenance,* BO+M; *Interior Design + Construction* ID+C), piccole abitazioni (*Homes*), per aree urbane (*Neighbourhood Development, Cities and Communities*). La versione completa più recente della guida di riferimento per il protocollo BD+C, la versione 4.0 (US GBC, 2013), ha recentemente visto l'aggiornamento 4.1 (US GBC, 2020).

Il protocollo considera sei principali categorie di valutazione, *Location and Transportation* (LT), *Sustainable Sites* (SS), *Water Efficiency* (WE), *Energy and Atmosphere* (EA), *Materials and Resources* (MR), *and Indoor Environmental Quality* (EQ). A esse si aggiungono due ulteriori ambiti trasversali, quelli di *Innovation* e *Regional Priority*. I crediti premianti, nonché i prerequisiti definiti obbligatori, sono suddivisi in base alle categorie.

Tra gli obbiettivi del LEED vi è quello di promuovere cicli di risorse materiali sostenibili e rigenerativi. Questa finalità viene perseguita anche attraverso delle linee guida rivolte agli utenti finali (US GBC, 2013) perché siano messi nelle condizioni di poter provvedere a una adeguata manutenzione dell'edificio nel corso del suo ciclo di vita. Il credito "*Tenant Design and construction Guidelines*" prevede infatti la messa a disposizione di specifiche relative a tutti i materiali, prodotti e processi sostenibili che è possibile utilizzare nella fase d'uso, nelle quali è possibile menzionare anche "fornitori di materiali sostenibili, fabbricanti, rivenditori di materiali di seconda mano, impianti di riciclo di rifiuti da costruzione e demolizione".

13 - Si vedano i paragrafi 2.1 e 5.1.

14 - Queste acquisiscono solitamente una notevole importanza relativa, sia in peso che in volume, considerando il fatto che nel contesto italiano ed europeo sono spesso realizzate in calcestruzzo armato e/o laterizio. L'incidenza della componente inerte sul totale dei rifiuti da C&D è quindi molto elevata, di conseguenza i processi di riuso adattivo consentono di preservare una larga quantità di materiale rispetto a una demolizione, evitando inoltre di impiegare nuovo materiale.

Se la sezione *Energy and Atmosphere* (EA) incoraggia la riduzione dell'energia operazionale della costruzione attraverso l'impiego di adeguate strategie progettuali, la sezione *Materials and Resources* (MR) affronta in modo specifico la minimizzazione dell'energia incorporata "e degli altri impatti associati a estrazione, lavorazione, trasporto, manutenzione e gestione del fine vita dei materiali edilizi" (US GBC, 2013).
Per questa ragione i requisiti relativi alle risorse materiali utilizzano un approccio che considera l'intero ciclo di vita delle stesse, identificando singole azioni che contribuiscono, nell'insieme, a ridurre gli impatti incorporati. In merito alle difficoltà nel comparare i benefici determinati da due prodotti differenti, l'LCA viene descritto quale strumento che permette di orientare il team di progetto verso decisioni più informate. Ciò nonostante, "riconoscendo le limitazioni dell'approccio del ciclo di vita nel determinare le conseguenze dell'estrazione delle materie prime sulla salute umana e sull'ecosistema il LEED impiega approcci alternativi e complementari all'LCA nelle sezioni che si occupano di questi temi" (US GBC, 2013).
Viene inoltre ribadito che, se il principio di riduzione – ossia di prevenzione – appare come quello preferibile in termini di gerarchia dei rifiuti, quella di riusare l'edificio o il materiale da esso derivante è la strategia successiva immediatamente più efficiente "poiché riutilizzare il materiale esistente evita i carichi ambientali derivanti dai processi di lavorazione. Sostituire i materiali esistenti con altri di nuova produzione comporterebbe processi di produzione e trasporto, e ci vorrebbero molti anni per compensare le emissioni di GHG associate attraverso una maggior efficienza dell'edificio" (US GBC, 2013).
La sezione MR definisce i requisiti necessari per i "prodotti edilizi installati in modo permanente", i quali sono definiti in base alla loro funzione nel progetto[15].
Alcuni dei crediti comprendono un fattore di valutazione della prossimità, al fine di promuovere il valore aggiunto dei materiali e componenti prodotti localmente, incentivando l'economia del territorio e contenendo gli impatti associati al trasporto.
Come sintetizzato dalla seguente tabella 4.2, quattro dei crediti del LEED BD+C affrontano i temi afferenti alla gestione sostenibile delle risorse naturali suggerendo i processi di reimpiego tra le strategie possibili.

Tab. 4.2. Sintesi dei quattro crediti della sezione Materials and Resources del LEED v.4.1 che includono il reimpiego di elementi tra le strategie sostenibili

MATERIALS AND RESOURCES	
MR - Construction and Demolition waste Management Planning	
Scopo	Requisiti
Ridurre la quantità di rifiuti da C&D conferiti in discarica e in impianti di incenerimento attraverso il recupero, il riuso e il riciclo dei materiali	Sviluppare e implementare un piano di gestione dei rifiuti da C&D: - stabilendo degli obbiettivi di progetto per il dirottamento di almeno cinque flussi materiali (strutturali e non) identificati; - specificando se i materiali saranno soggetti a una separazione alla fonte o meno e descrivendo le strategie relative alla loro gestione. Vanno indicati i processi di trattamento e i tassi di recupero previsti.
MR - Building Life-cycle impact Reduction	
Scopo	Requisiti
Incoraggiare il riuso adattivo e ottimizzare le prestazioni ambientali di prodotti e componenti	Dimostrare la riduzione degli impatti ambientali con il processo decisionale all'avvio della progettazione, attraverso il riuso di risorse edilizie esistenti o dimostrando una riduzione nell'uso dei materiali attraverso una valutazione del ciclo di vita.

15 - Per "prodotto edilizio" sono intese le componenti fisiche e i servizi necessari per svolgere la funzione prevista. Se sono presenti prodotti simili all'interno di una medesima specificazione, ciascuno di essi contribuisce in modo separato al sistema.

MR - Building Product Disclosure and optimization—sourcing of Raw Materials	
Scopo	Requisiti
Incoraggiare l'impiego di prodotti e materiali dei quali sono disponibili informazioni in merito al ciclo di vita e che dimostrano di avere impatti preferibili a livello ambientale, economico e sociale. Premiare scelte che selezionano prodotti di cui sono verificati l'estrazione o l'approvvigionamento responsabili	Approvvigionamento responsabile delle materie prime - 1 punto (2 punti). Utilizzare prodotti ottenuti da almeno tre (cinque) differenti produttori che rispondono ad almeno uno dei seguenti criteri di approvvigionamento responsabile per almeno il 20% (40%) del costo sul valore totale dei prodotti installati in modo permanente nel progetto: - EPR; - Materiali bio-based; - Prodotti di legno certificati; - Riuso di materiale; - Contenuto riciclato; - Programma approvato US GBC.
MR - Construction and Demolition Waste Management	
Scopo	Requisiti
Ridurre la quantità di rifiuti derivanti da attività di C&D conferiti in discarica e impianti di incenerimento attraverso il recupero, riuso e riciclo di materiali	Riciclare o recuperare materiali da costruzione e demolizione non pericolosi. I calcoli possono essere condotti in base al peso o al volume, ma devono essere coerenti. Opzione 1 – "dirottamento". Dirottamento da conferimento in discarica o incenerimento di almeno il 50% del tot. dei materiali: - includendo almeno due flussi di materiale; o – in impianti certificati (1 punto); Dirottamento di almeno il 75% del tot. dei materiali: - almeno tre flussi materiali; o – in impianti certificati, almeno due flussi materiali (2 punti); Opzione 2 – riduzione. Riduzione del totale dei rifiuti generati (max. 36.6 kg per mq)

BREEAM International New Construction 2016

Il protocollo BREEAM International NC si applica alle costruzioni di nuova realizzazione, residenziali e non. Suo scopo è quello di "mitigare gli impatti del ciclo di vita dei nuovi edifici sull'ambiente, in modo solido ed efficace sotto il profilo costi-benefici. Ciò è ottenuto attraverso l'integrazione e l'impiego delle linee guida da parte dei committenti e dei progettisti nelle fasi chiave del processo progettuale e costruttivo" (BRE, 2016). Per "nuove costruzioni" sono intesi tutti gli sviluppi che risultano in una nuova struttura isolata o in una nuova estensione di una struttura esistete, che entrerà in fase operativa per la prima volta al completamento dei lavori. Sono indicati diversi tipi di costruzioni che possono essere valutate da protocollo BREEAM: non residenziali (interamente completati, involucro e struttura, solo involucro) o residenziali (interamente completati, parzialmente completati).

Il peso che viene dato alle categorie di impatto ambientale esaminate è differente in base al tipo di progetto esaminato. Le fasi di vita dell'edificio prese in considerazione sono quella progettuale (*Design Stage*, DS) e quella d'uso (*Post Construction Stage*, PCS). Queste vengono esaminate sotto il profilo delle 10 categorie tematiche sulle quali è basato il protocollo: *Management*, *Health and Wellbeing*, *Energy*, *Transport*, *Water*, *Materials*, *Waste*, *Land use and ecology*, *Pollution*, *Innovation* (facoltativa). Queste categorie sono considerate "fisse" nel caso producano un impatto in termini universali, indipendentemente dal contesto geografico, o "variabili" se sono soggette a variazioni locali per via di fattori sociali, ambientali, politici o economici. Ciascuna di esse misura e valuta le prestazioni dell'edificio esaminato in base ai valori di riferimento e allo standard minimo BREEAM per ciascun livello di *rating*, assegnando un determinato numero di crediti in base al "peso" che la categoria riveste per lo specifico tipo edilizio. È necessario fornire adeguate informazioni progettuali per dimostrare l'effettiva ottemperanza ai criteri stabiliti.

Il tema della gestione efficiente delle risorse materiali è affrontato principalmente dai crediti afferenti alle categorie Materiali e Rifiuti. La prima di esse "incoraggia le azioni intraprese per ridurre l'impatto dei materiali da costruzione durante il progetto, la realizzazione, la manutenzione e la riparazione" concentrandosi "sull'approvvigionamento di materiali che sono procurati in modo responsabile

e possiedono limitati impatti incorporati relativi al loro ciclo di vita, includendo [i processi di] estrazione, lavorazione, produzione e riciclo" (BRE, 2016). La gestione efficiente dei materiali viene definita, all'interno del protocollo, come "il processo di intraprendere un progetto edilizio permettendo l'uso più efficiente dei materiali nel corso del ciclo di vita della costruzione e dei suoi componenti. Ciò include l'utilizzo di minor materiale, il reimpiego di materiali derivanti dalla demolizione di edifici esistenti e da attività di *strip-out*, e, ove appropriato, l'approvvigionamento di materiali con elevati livelli di contenuto riciclato. [Questo processo] può anche comprendere l'adozione di strumenti alternativi di progettazione e costruzione che risultino in un uso meno intenso dei materiali e in livelli inferiori di produzione dei rifiuti, inclusa la prefabbricazione pre-cantiere e l'uso di moduli pre-assemblati" (BRE, 2016). L'obbiettivo di una gestione efficiente delle risorse materiali va perseguito nel corso di tutte le fasi del progetto, dalla preparazione al *concept*, dal preliminare all'esecutivo, fino alla costruzione.
La tabella 4.3 riassume i crediti delle due sezioni *Materials* e *Waste* contenuti nel protocollo BREEAM International NC 2016 ed esplicitamente afferenti alla gestione efficiente delle risorse:

MATERIALS	
Mat 06 – Material efficiency	
Scopo	Requisiti
Riconoscere e incoraggiare le misure di gestione efficiente dei materiali al fine di minimizzare gli impatti ambientali dovuto all'uso dei materiali e ai rifiuti senza compromettere la stabilità strutturale, la durabilità o la vita di servizio dell'edificio.	Sono identificate e implementate le opportunità, insieme alle relative adeguate misure, per ottimizzare un più efficiente uso dei materiali nella progettazione, rifornimento, costruzione, manutenzione e gestione fine vita dell'edificio. Tale processo viene condotto nel corso di tutte le seguenti fasi: preparazione, concept, preliminare, esecutivo, costruzione.
WASTE	
Wst 01 – Construction waste management	
Scopo	Requisiti
Promuovere la gestione efficiente delle risorse per mezzo dell'adeguata e appropriate gestione dei rifiuti da C&D.	Riduzione dei rifiuti da C&D. Viene condotto un audit pre-demolizione di ogni edificio, struttura o superficie portante per determinare se la riqualificazione o il riuso [degli stessi] sia fattibile e, in caso contrario, se sia possibile massimizzare il recupero di materiale della demolizione per un impiego successivo, dando priorità alle applicazioni di grado elevato o di valore. L'audit deve comprendere l'identificazione dei principali flussi di materiali derivanti dalla costruzione o ristrutturazione, nonché le potenziali applicazioni e le problematiche connesse. Dirottamento delle risorse dal conferimento in discarica. Sono messe in atto procedure per separare, reimpiegare e riciclare i rifiuti da C&D, sia on site che off site, appartenenti ad almeno cinque flussi omogenei di materiale. Questa azione vene intrapresa per una quantità considerevole del materiale non pericoloso risultante dalle attività di C&D [percentuali distinte in base a procedimento di costruzione o demolizione e ai tassi nazionali di recupero]

Tab. 4.3. Sintesi dei due crediti delle sezioni Materials e Waste del BREEAM International NC che includono il reimpiego di elementi tra le strategie sostenibili.

Le categorie specificatamente inerenti ai rifiuti affrontano la medesima tematica in termini non di prevenzione ma di gestione dei materiali, prodotti e componenti di una costruzione, che essi siano scarti risultanti dal cantiere di costruzione/ristrutturazione o che siano generati dalla demolizione della struttura giunta a fine vita. Tale categoria "incoraggia la gestione sostenibile (e il riuso ove possibile) dei rifiuti generati dalla costruzione e dalla fase d'uso dell'edificio, attraverso la futura manutenzione e le riparazioni associati alla struttura edilizia. Incoraggiando

una progettazione consapevole e delle efficienti pratiche costruttive, le tematiche incluse nella sezione sono mirate a ridurre questi rifiuti incoraggiandone il dirottamento dal conferimento in discarica. Tali attività comprendono la necessità di misure volte a ridurre i rifiuti futuri per via del bisogno di alterare la costruzione alla luce di futuri cambiamenti climatici" (BRE, 2016).

DGNB System Version 2020 International

Il Protocollo DGNB (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*) mira a costituire "uno strumento di motivazione e di pianificazione, che permette di costruire e gestire edifici le cui prestazioni siano certificate come superiori". Esso si basa su un concetto di sostenibilità intesa quale approccio integrale al progetto edilizio e non relegata a tematica laterale o integrazione tardiva.

La più recente versione del DGNB, prodotta nel 2020, intende promuovere questa prospettiva, proponendosi quale strumento utile "nella fase progettuale e di costruzione allo scopo di fornire assistenza nel trovare le risposte corrette alle più pressanti domande relative alle misure da prendere in previsione del futuro".

Per questa ragione, il protocollo è sviluppato mettendo al centro le tematiche chiave di *focus* sull'utenza, economia circolare, qualità della progettazione, *Sustainable Development Goals* (SDGs), protezione dal clima e innovazione[16].

I criteri cui il protocollo chiede ottemperanza sono suddivisi in sei sezioni tematiche: *Environmental Quality* (ENV), *Economic Quality* (ECO), *Sociocultural and Functional Quality* (SOC), *Technical Quality* (TEC), *Process Quality* (PRO), *Site Quality* (SITE).

Il sistema di valutazione DGNB affronta i temi strettamente afferenti alla gestione efficiente delle risorse materiali includendoli in modo trasversale a diversi criteri, quelli ambientali (ENV), di matrice tecnica (TEC) e di qualità del processo (PRO), riassunti dalla tabella 4.4.

Come emerge dall'approfondimento, il protocollo promuove un approccio alla progettazione degli edifici fondato sull'analisi del ciclo di vita, al fine di calcolare le emissioni prodotte e il consumo di risorse nel corso di costruzione, fase operazionale e fine vita, per poi valutare questi risultati in base a parametri di riferimento. In tale contesto, il bonus "economia circolare" identifica esplicitamente il reimpiego di prodotti e componenti come strategia sostenibile: "l'inquinamento ambientale impedito dal reimpiego di componenti o elementi strutturali può essere computato nei calcoli dell'LCA e incluso nella relativa valutazione (...) I componenti riutilizzati vanno esclusi dal registro degli impatti ambientali" in quanto benefici ottenuti all'esterno dei confini del sistema (DGNB, 2020a). Al fine di permettere facilità di recupero e riciclo dei rifiuti da C&D, sono incoraggiate soluzioni progettuali che producano degli effetti positivi. Tra i possibili processi da applicare, quello del riuso prevede che "il componente/sub-componente/prodotto edilizio resti immodificato nell'edificio (nel caso delle ristrutturazioni) o sia (a seguito di modificazioni minime) reimpiegato. In alternativa: che una garanzia *take-back* o sistemi di leasing esistano per il componente/sub-componente/prodotto edilizio" (DGNB, 2020b). Anche l'approccio progettuale alla nuova costruzione va orientato verso la facilità di smontaggio dei componenti edilizi e la gestione sostenibile del cantiere è valutata in base alla prevenzione e idonea gestione dei rifiuti da C&D attuate (DGNB, 2020c).

16 - Il testo introduttivo è una rielaborazione di quello fornito dal sito del protocollo, https://www.dgnb-system.de/en/system/version-2020-international/index.php [08.2020].

ENVIRONMENTAL QUALITY	
ENV 1.1 – Building life cycle assessment	
Obbiettivo	Valutazione
Assicurare un approccio al ciclo di vita coerente con la progettazione dell'edificio al fine di ridurre le emissioni connesse agli impatti ambientali e al consumo di risorse non rinnovabili a un minimo nel corso di tutte le fasi del ciclo di vita.	i) inserimento dell'analisi del ciclo di vita sin dall'avvio del processo progettuale e analisi dei consumi energetici mirata al loro contenimento oltre i requisiti obbligatori; ii) ottimizzazione dell'analisi del ciclo di vita nel corso del processo progettuale; iii) comparazione dei risultati dell'LCA calcolati sulla base di valori comparativi, iv) bonus "Agenda 2030" per una costruzione climate-neutral dal punto di vista energetico e/o costruttivo; v) bonus "economia circolare" nel caso di reimpiego di elementi edilizi o generazione di surplus di energia
TECHNICAL QUALITY	
TEC 1.6 – Ease of recovery and recycling	
Obbiettivo	Valutazione
Assicurare un uso altamente efficiente, anche in termini economici, delle risorse naturali. Promuovere soluzioni che permettano alle risorse di valore preesistenti di essere riutilizzate con una perdita minima. Accrescere la gestione efficiente dei materiali. Creare una economia circolare che permetta di ridurre il consumo delle risorse naturali e, virtualmente, azzerarlo.	Scelta di soluzioni tecniche che permettano: i) facilità di riciclo dei materiali scelti per il progetto, i possibili processi di trattamento sono valutati in base a "livelli di qualità". Bonus "economia circolare" ottenibili per il reimpiego o recupero di materiale o evitando l'impiego di nuovi componenti in modo significativo; ii) facilità di disassemblaggio e di separazione dei componenti edilizi in termini di materiali contenuti; iii) impiego di metodi di valutazione che si concentrino sul riciclo e sul recupero come parte integrante del processo progettuale.
PROCESS QUALITY	
PRO 2.1 – Construction site / construction process	
Obbiettivo	Valutazione
Minimizzare gli impatti negativi sul contesto ambientale nel corso della fase di costruzione. Al fine di conseguire questo scopo, i costruttori devono essere resi consapevoli di tutte le tematiche ambientali rilevanti e ricevere istruzioni in merito.	Impiego di misure che consentano: i) la riduzione dell'inquinamento acustico; ii) la riduzione delle polveri prodotte dalle lavorazioni; la protezione del suolo e delle acque di falda nel sito di cantiere; iv) la riduzione dei rifiuti generati dal cantiere. Bonus "economia circolare": prevenzione della generazione dei rifiuti in cantiere.

Tab. 4.4. Sintesi dei tre criteri del protocollo DGNB 2020 International che includono il reimpiego di elementi tra le strategie sostenibili o affrontano la gestione efficiente delle risorse

Living Building Challenge 4.0 (2019)

Obbiettivo del protocollo *Living Building Challenge (LBC)*, nato nel 2006, è quello di indurre una trasformazione nell'approccio convenzionalmente adottato per le attività di progettazione e costruzione, individuando in questi atti l'opportunità avere maggiori impatti positivi "sulla comunità della vita, in senso lato, e sul tessuto culturale della nostra comunità umana" (International Living Future Institute, 2019).

Il protocollo si basa su due principi fondamentali. Il primo di essi richiede che vengano valutate le prestazioni effettive di un edificio, non di quelle auspicate o previste: le costruzioni devono infatti essere operative da almeno 12 mesi prima di essere sottoposte alla verifica. Secondo principio è che tutti i progetti certificati LBC devono dimostrare di ottemperare in modo onnicomprensivo alle sette categorie di valutazione, rispetto alle quali sono misurate le caratteristiche prestazionali dell'edificio, rispettando almeno i criteri definiti di base (*core)*.

Le categorie, definite petali (*petals)*, sono: *Place*, *Water*, *Energy*, *Health + Happiness*, *Materials*, *Equity and Beauty*, e sono articolate in un totale di venti crediti (*imperatives*) di cui dieci *core* – che costituiscono il *Challenge*.

Questo protocollo fornisce il quadro interpretativo delle fasi di progettazione, costruzione e dell'impatto di quest'ultima sulla comunità indipendentemente da dimensione e ubicazione del progetto. Esso può infatti essere applicato a qualsiasi genere di costruzione, sia nuova che esistente o ristrutturata, ma anche a edifici storici, progetti di interni o infrastrutture, con alcune limitazioni dettate dalla destinazione d'uso.

I principi guida valutano esclusivamente le prestazioni richieste e ciò determina che sia il progettista a identificare il modo più idoneo con il quale conseguire i risultati previsti in base al contesto geografico, culturale, tecnico ed energetico ove si trova a operare.
L'ottemperanza ai dieci petali *core* permette di ottenere la omonima Certificazione, mentre rispondendo ad altri *imperative*, o a tutti e venti, si possono ottenere la Certificazione *Petal*, o la *Living*.
La seguente tabella 4.5 sintetizza gli aspetti principali dei crediti del Living Building Challenge che considerano i temi della efficienza materiale delle risorse e i contributi apportati dai processi di reimpiego.
L'LBC ribadisce come, in prospettiva dell'intero ciclo di vita dei materiali e prodotti edilizi, l'energia e il carbonio incorporati negli elementi da costruzione acquisiscano un peso sempre maggiore e delineino ulteriori responsabilità del progettista nella scelta dei sistemi costruttivi. In tale prospettiva, il contenimento di *embodied carbon* e di *carbon footprint* viene premiato (International Living Future Institute, 2017).
La prevenzione e riduzione dei rifiuti generati sono prese in considerazione nel corso di tutte le fasi del processo progettuale, costruttivo, d'uso e di fine vita, attraverso la definizione di obbiettivi ambiziosi. In particolar modo, il protocollo intende evitare che una porzione considerevole degli scarti prodotti dalle attività di C&D sia conferito in discarica. Nel caso di strutture preesistenti è obbligatorio condurre un audit pre-demolizione, al fine di valorizzare le risorse materiali presenti in situ.
I materiali o prodotti di reimpiego sono valutati positivamente perché questa scelta non solo incentiva contenute distanze di trasporto e l'adozione di tecniche costruttive adeguate al luogo, ma individua inoltre un valore di risorsa nei prodotti e componenti edilizi che è possibile recuperare in un raggio limitato dall'area di progetto, favorendo la loro valorizzazione (International Living Future Institute, 2017).

Tab. 4.5. Sintesi dei "petals" definiti dal Living Building Challenge 4.0 (International Living Future Institute, 2019) inerenti alla gestione efficiente delle risorse

ENERGY	
IMPERATIVE 07 – Energy + carbon reduction (core) (a)	
Obbiettivo	Requisiti
Considerare l'energia come una risorsa preziosa e minimizzare le emissioni di carbonio contribuenti al cambiamento climatico a essa relative	Tutti i progetti devono raggiungere una riduzione nel consumo netto annuo di energia (considerando la quota di rinnovabili) rispetto agli edifici medi a esso comparabili per clima, dimensione, destinazione d'uso pari al 70% (nuovi), 50% (esistenti), 35% (interni). La combustione è limitata ai sistemi HVAC che non sono compresi nell'ambito di esame per progetti di ristrutturazione e interni, non permessa per nuovi edifici. Gli edifici nuovi o esistenti devono dimostrare una riduzione del carbonio incorporato pari al 20% nelle materie prime comparate a quelle di riferimento. Gli edifici esistenti possono detrarre dal computo i materiali presenti in situ. Tutti i progetti devono scegliere materiali per gli interni con una carbon footprint inferiore alla media del settore, per le categorie ove i dati siano disponibili.
MATERIALS	
IMPERATIVE 12 – Responsible materials (core) (b)	
Obbiettivo	Requisiti
Fornire uno standard in merito a trasparenza, estrazione sostenibile, supporto della manifattura locale e dirottamento [dal conferimento in discarica] dei rifiuti per tutti i progetti.	i) una certificazione Declare per ogni 200mq dell'edificio o area di progetto, fino a 20 prodotti da 5 produttori; ii) incorporare almeno un prodotto certificato Living Product Challenge; iii) almeno il 50% dei prodotti a base di legno devono essere certificati come sostenibili, di reimpiego, coltivati in luogo o di risulta; iv) almeno il 20% del budget per i materiali deve essere stato speso in un raggio di 500km dal cantiere; v) il progetto deve evitare che almeno l'80% dei rifiuti da C&D sia conferito in discarica e deve aver prodotto le condizioni per la separazione delle frazioni materiali.

IMPERATIVE 15 – Living economy sourcing (c)	
Obbiettivo	Requisiti
Supportare le comunità e le attività locali, minimizzando al tempo stesso gli impatti dei trasporti.	Il progetto deve includere soluzioni basate sul contesto locale e contribuire all'espansione dell'economia regionale fondata su pratiche, prodotti e servizi sostenibili. La provenienza dei materiali è limitata in tal modo: i) 20% o più del totale entro 500km dal cantiere; ii) 30% entro 1000km; iii) 25% entro 5000km; iv) il restante 25% può provenire da qualsiasi luogo. Prodotti certificati Declare ed elementi di reimpiego sono calcolati per il doppio del loro valore
IMPERATIVE 16 – Net positive waste (d)	
Obbiettivo	Requisiti
Integrare la riduzione dei rifiuti in tutte le fasi di progetto ed incoraggiare il riuso creativo degli elementi "di rifiuto" recuperati	I progetti devono sforzarsi di evitare la produzione di rifiuti nel corso della progettazione, costruzione, vita operativa e fine vita dell'edificio, al fine di conservare le risorse naturali e trovare modi per integrare i rifiuti all'interno dei cicli di nutrienti tecnici o naturali. I progetti devono possedere almeno un materiale di recupero ogni 500mq di SLP o essere il riuso di una struttura esistente. I progetti devono creare un Piano di Gestione della Conservazione dei Materiali che spieghi come il progetto ottimizza i materiali nelle fasi di: i) progettazione, attraverso considerazioni relative a durabilità e decostruzione; ii) costruzione, incluse l'ottimizzazione del materiale e la separazione dei rifiuti per reimpiego o riciclo; iii) uso, compresa la pianificazione per la futura gestione dei beni materiali più o meno durevoli; iv) fine vita, incluso un piano per il riuso adattivo e la decostruzione. I progetti devono evitare il conferimento in discarica in base ai seguenti criteri: metalli 99%, carta e carbone 99%, suolo e biomassa 100%, schiuma rigida e isolamento 95%, altro 90%, rifiuti da C&D 80% (in peso o volume). I progetti ubicati in siti con strutture preesistenti devono prevedere un audit pre-demolizione che fornisca l'inventario di materiali e prodotti per il loro riuso o donazione.

4.3. Conclusioni. Conservare la materia, contenere le esternalità

La disamina dei vantaggi ambientali dettati dal reimpiego delle risorse edilizie non può prescindere dalla contestualizzazione di queste pratiche in relazione sia ai parametri che vengono convenzionalmente interpretati per (i) *quantificare* la sostenibilità ambientale degli elementi edilizi e delle costruzioni, sia al ruolo che esse rivestono nei più diffusi protocolli impiegati per (ii) *valutare* la medesima.
Questo argomento solleva tuttavia, come suggerito dalla citazione in apertura di capitolo, una riflessione in merito all'applicazione di vocaboli come (i) *quantificazione* e (ii) *valutazione* al concetto di sostenibilità. Quest'ultimo non appartiene per definizione a un dominio univoco e delimitato, bensì andrebbe costruito integrando gli aspetti ambientali, economici, sociali e, non ultimi, quelli culturali. Tale approccio è ribadito dalla trasversalità del concetto ai molteplici ambiti individuati dagli SDGs[17], nonché dal fatto che questi vadano affrontati in modo "integrato e indivisibile" (UN, 2015). È in questo senso complesso quantificare o valutare in modo analitico un tema dalle molteplici sfaccettature, come dimostrato dai molti target previsti per ciascun SDG.
Si può sostenere che, isolando la tematica ambientale dalla nozione onnicomprensiva [*comprehensive*], le proprietà e i processi fisici che caratterizzano tale aspetto siano quantificabili, dunque misurabili. In altri termini, che la sostenibilità ambientale possa (i) costituire un potenziale oggetto di misurazione (o quantomeno stima), nonché (ii) che possieda un determinato valore del quale è tenuto conto nell'espressione di un giudizio[18]. Senza dubbio è possibile, attraverso la perimetrazione di un ventaglio di impatti, effettivamente quantificabili, e della definizione di unità di misura adeguate allo scopo, compiere degli esami analitici. Tuttavia, nonostante da queste si ottengano misurazioni precise e oggettive di quantità fisiche, non va dimenticato che si tratta di *output* vincolati alla definizione dei confini del sistema e, nel caso dell'LCA, agli obbiettivi dell'analisi. Pertanto queste misurazioni non vanno intese in senso assoluto, bensì esclusivamente quali termine di paragone nel confronto con altre possibili scelte. Come sottolineano Bjorn et al. (2018) nel caso dell'LCA, se esso "può indicare quale (sistema di produzione) sia meglio per l'ambiente, non può indicare se tale meglio sia abbastanza. È quindi scorretto trarre le conclusioni circa la sostenibilità di un prodotto, in termini assoluti, facendo riferimento a un LCA che ne provi gli impatti ambientali inferiori rispetto a un altro". Oltre a tale circostanza, va considerato anche che l'accezione con cui viene inteso il tema "ambientale" non

17 - Per un approfondimento si veda il paragrafo 3.1. Di seguito l'elenco dei 17 SDGs nella loro forma breve: 1. Povertà zero; 2. Fame zero; 3. Salute e benessere; 4. Istruzione e qualità; 5. Uguaglianza di genere; 6. Acqua pulita e igiene; 7. Energia pulita e accessibile; 8. Lavoro dignitoso e crescita economica; 9. Industria, innovazione e infrastrutture; 10. Ridurre le disuguaglianze; 11. Città e comunità sostenibili; 12. Consumo e produzione sostenibili; 13. Agire per il clima; 14. La vita sott'acqua; 15. La vita sulla terra; 16. Pace, giustizia e istituzioni forti; 17. Partnership per gli obbiettivi.

18 - La riflessione si sviluppa a partire dalle definizioni di: "quantità", ovvero "la proprietà e la condizione per cui un singolo ente o elemento, concreto o astratto, o una massa, possono essere misurati, e quindi la loro grandezza, eventualmente espressa in termini numerici"; "misurare", ovvero "determinare la misura di una grandezza; eseguire una misurazione; prendere (o trovare, stabilire, calcolare) le misure di qualche cosa (…) meno com., *m. il valore di qualche cosa* (cioè calcolarlo, stimarlo)"; "valutare", ovvero "[fare un calcolo approssimativo: *v. a occhio e croce una distanza*] ≈ calcolare, contare, conteggiare, quantificare, quantizzare, stimare (…) (*estens.*) [sottoporre a minuto esame: *v. i pro e i contro di una situazione*] ≈ analizzare, considerare, esaminare, pesare, sceverare, soppesare, studiare, vagliare; [sottoporre a esame per esprimere un giudizio: *v. gli elaborati degli studenti*] ≈ esaminare, giudicare". Definizioni estratte dall'Enciclopedia Treccani. http://www.treccani.it/ [08.2020].

può essere considerata valida in termini universali. Ciò si riflette sia sui parametri e metodi discussi, quali *embodied energy* e LCA, sia sui *rating systems*. Per esempio, nel caso dell'LCA, le categorie di impatto che valutano il consumo delle risorse materiali considerano come dannoso il fatto che esse saranno progressivamente sempre meno accessibili, non i tangibili effetti negativi che un determinato processo produce sul contesto territoriale (e.g. un sito estrattivo sul relativo ecosistema). Un paradosso riferibile invece all'ambito dei protocolli di valutazione è quello ben esemplificato da Addington:

> "in un gioco al raddoppio abbastanza perverso, gli apologeti dell'approccio 'materialmente intensivo' mirato a ridurre l'energia operazionale raccomandano (e in molte giurisdizioni, richiedono) persino ulteriori investimenti tecnologici e materiali negli edifici al fine di superare gli effetti indesiderati provocati da quelle medesime strategie edilizie di 'efficienza energetica' reputate non negoziabili" (Addington, 2017).

Esempio di tale circostanza è il fatto che "l'incremento della sigillatura e dell'inerzia termica tipico dei famosi standard per le case passive richieda un sistema di ventilazione per garantire una circolazione dell'aria adeguata per la salute umana". Ulteriore esempio, l'aver concentrato l'attenzione fino ai tempi recenti per lo più sugli aspetti di contenimento energetico, ha messo in secondo piano argomenti di fondamentale importanza come la qualità dell'aria interna e la presenza di sostanze pericolose nei materiali da costruzione (EHHI, 2010), questioni cruciali per la determinazione della sostenibilità di una costruzione.
La riflessione qui condotta non intende ridimensionare l'importanza e l'apporto dei parametri, metodi e protocolli di valutazione esaminati nel capitolo, i quali costituiscono, senza alcuna ombra di dubbio, importanti strumenti in grado di orientare il progettista verso delle scelte edilizie sostenibili in termini ambientali (in alcuni casi anche dai benefici economici e sociali). Proprio perché rappresentano una fondamentale cornice interpretativa degli esiti di un processo progettuale, a essi è stata riferita l'analisi dei contributi che il reimpiego può apportare al contenimento degli impatti delle costruzioni. Va tuttavia ricordato come i concetti di *quantità*, *misurazione* e *valutazione* non possano essere applicati alla nozione di sostenibilità se non in termini comparativi e, generalmente, estimativi, ma di certo non in termini assoluti.
Se l'evoluzione del contesto normativo, concentrandosi sulle fasi del ciclo di vita delle costruzioni più energivore, tralascia in fase iniziale gli impatti "nascosti" dell'edilizia, parametri come l'energia e il carbonio incorporati dei prodotti da costruzione stanno acquisendo sempre maggior importanza. Ciò è in parte dovuto al fatto che più le stratigrafie edilizie si adeguano alle richieste in termini di contenimento dei consumi energetici, maggiore è la possibilità che i loro impatti incorporati siano rilevanti. Parametri come l'*embodied energy* ed *embodied carbon* permettono di riflettere sulla convenienza ambientale dei processi di reimpiego. Il riuso degli elementi edilizi, infatti, consente non solo di risparmiare materie prime ed energia necessarie ai nuovi prodotti, bensì anche di conservare più a lungo nel tempo la materia e l'energia già utilizzate per la produzione dei prodotti e componenti esistenti.
Uno degli strumenti più impiegati per valutare la sostenibilità ambientale delle scelte progettuali è l'analisi del ciclo di vita. Registrando tutti gli input e output di ciascun processo considerato entro i confini del sistema, questa valutazione consente di definire in modo quantitativo gli impatti realizzati su un ampio *range*

di categorie ben definite e connesse alle dinamiche ambientali, consentendo di compiere dei paragoni tra casistiche simili. In tale analisi, i processi di riuso vengono qualificati come esterni ai confini del sistema e computati in un modulo separato. Ciò rende possibile calcolare i benefici inerenti a queste strategie, che vengono sottratti dalle differenti categorie di impatto nelle quali è allocato il carico ambientale totale della costruzione analizzata.

I principali protocolli internazionali di valutazione della sostenibilità ambientale (LEED, BREEAM, DGNB, LBC) riconoscono il contributo delle strategie circolari e, nei tempi più recenti, del riuso, al contenimento degli impatti dei processi edilizi. In particolar modo, il reimpiego comporta dei vantaggi all'interno delle categorie dedicate all'approvvigionamento delle materie prime – in virtù dell'uso efficiente delle risorse materiali – e a quelle inerenti alla gestione del cantiere e degli scarti da esso derivanti.

I differenti ambiti esaminati convergono sul potenziale impatto positivo che il riuso degli elementi edilizi può indurre, grazie al risparmio di materie prime, delle emissioni generate dai processi di nuova produzione e grazie alla prevenzione e riduzione dei rifiuti. Tale prospettiva avvalora l'importanza che i processi di reimpiego degli elementi edilizi possono rivestire nella transizione verso un settore delle costruzioni più circolare e più sostenibile.

4.4. Bibliografia di capitolo

Addington M., 2017. Location: attributional, contingent, phenomenal. In: Benjamin D. (ed.), *Embodied energy and design: making architecture between metrics and narratives*. New York: Columbia University GSAPP; Zurich: Lars Müller, pp. 53-60

Altamura P., 2015. Costruire a zero rifiuti: Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia. Milano: FrancoAngeli

Andraos A., 2017. Embodied Energy and the Promise of Convergence. In: Benjamin D. (ed.), *Embodied energy and design: making architecture between metrics and narratives*. New York: Columbia University GSAPP; Zurich: Lars Müller, pp. 7-12

Birgisdottir H., Moncaster A., Houlihan Wiberg A., Chae C., Yokoyama K., Balouktsi M., Seo S., Oka T., Lützkendorf T., Malmqvist T., 2017. IEA EBC annex 57 "evaluation of embodied energy and CO2eq for building construction". *Energy and Buildings* 154, pp. 72-80. http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.030

Bjørn A., Owsianiak M., Molin C., Laurent A., 2018. Main Characteristics of LCA. In: Hauschild M.Z., Rosenbaum R.K., Olsen S. (eds.), *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*, pp. 9-16. Berlin: Springer

BRE (Building Research Establishment), 2016. BREEAM International New Construction 2016. Technical Manual SD 233 2.0. Watford: BRE Group. https://www.breeam.com/discover/technical-standards/newconstruction/ [08.2020]

BRE, 2018. BRE Global Methodology for The Environmental Assessment Of Buildings Using EN 15978:2011. PN 326 rev 0.0. Watford: BRE Group. https://www.greenbooklive.com/filelibrary/EN_15804/PN326-BRE-EN-15978-Methodology.pdf [08.2020]

Cardellicchio L., 2015. "Edilizia". In: *Enciclopedia Italiana*, IX Appendice. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana.

CE-JRC-IES (Commissione Europea, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability), 2010. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. General guide for Life Cycle Assessment. EUR 24708 EN – 2010. Luxembourg: Publications Office of the European Union

Chastas P., Theodosiou T., Bikas D., Kontoleon K., 2017. Embodied Energy and Nearly Zero Energy Buildings: a Review in Residential Buildings. International Conference on Sustainable Synergies from Buildings to the Urban Scale, SBE16. *Procedia Environmental Sciences* 38, pp. 554 – 561, doi: 10.1016/j.proenv.2017.03.123

DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), 2020a. DGNB System – New buildings criteria set. Version 2020 International. Environmental quality, ENV 1.1 / Building Life Cycle Assessment. https://www.dgnb-system.de/en/buildings/new-construction/criteria/building-life-cycle-assessment/ [08.2020]

DGNB, 2020b. DGNB System – New buildings criteria set. Version 2020 International. Technical Quality. TEC 1.6 / Ease of Recovery and Recycling. https://www.dgnb-system.de/en/buildings/new-construction/criteria/ease-of-recovery-and-recycling/ [08.2020]

DGNB, 2020c. DGNB System – New buildings criteria set. Version 2020 International. Process Quality, PRO 2.1 / Construction Site / Construction Process. https://www.dgnb-system.de/en/buildings/new-construction/criteria/construction-site-construction-process/ [08.2020]

Dixit M.K., Férnandez-Solís J.L., Lavy S., Culp C.H., 2010. Identification of parameters for embodied energy measurement: a literature review. In: *Energy and Buildings,* 42 (8), pp. 1238-1247. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.02.016

EHHI (Environment & Human Health Inc.), 2010. LEED Certification. Where Energy Efficiency collides with Human Health. https://www.ehhi.org/leed.php [08.2020]

Ghyoot M., Devlieger L., Billiet L., Warnier A., 2018. Déconstruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

Hammond G.P., Jones C., 2008. Embodied energy and carbon in construction materials. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Energy* 161 (2), pp. 87-98. http://dx.doi.org/10.1680/ener.2008.161.2.87

Hammond G.P., Jones C., 2011. Inventory of Carbon & Energy (ICE), version 2.0. Sustainable Energy Research Team, Department of Mechanical Engineering, University of Bath (UK).

IEA (International Energy Agency), EBC (Energy in Buildings and Communities Programme), 2016. Evaluation of Embodied Energy and CO_{2eq} for Building Construction (Annex 57). Subtask 1:

Basics, Actors and Concepts. Tokio: Institute for Building Environment and Energy Conservation

International Living Future Institute, 2017. Living Building Challenge 3.1: Materials Petal Handbook. The International Living Future Institute: Seattle.

International Living Future Institute, 2019. Living Building Challenge 4.0. A Visionary Path to a Regenerative Future. The International Living Future Institute: Seattle. https://living-future.org/lbc/basics4-0/ [08.2020]

Lavagna M., 2008. Life cycle assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale. Milano: Hoepli

Politi S, Antonini E., 2017. Buildings hidden energy and environmental consequences. In: *SMC* 6, pp. 19-23

UN (United Nations), 2015. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1

UNI EN ISO 14040:2006 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento

UNI EN ISO 14044:2018 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida

US GBC (US Green Building Council), 2013. LEED Reference Guide for Building Design and Construction v.4 2013 Edition. Washington: US Green Building Council

US GBC (US Green Building Council), 2020. LEED v4.1 beta Building Design and Construction. Washington: US Green Building Council. https://www.usgbc.org/leed/v41#bdc [08.2020]

Wastiels L., Delem L., Van Dessel J., 2013. To module D or not to module D? The relevance and difficulties of considering the recycling potential in building LCA. In: *Proceedings of LCA avniR Conference – A tool for strategic decision-making*. Lille, 4-5 Novembre 2013

White M., 2017. Energy publics: Five Embodied Worlds. In: Benjamin D. (ed.), *Embodied energy and design: making architecture between metrics and narratives*. New York: Columbia University GSAPP; Zurich: Lars Müller, pp. 61-71

5. Strumenti per uso efficiente e circolarità delle risorse a scala edilizia e urbana

> *Buildings threatened with death must be "reanimated", "reborn", so that they might enjoy a "new life". The life story of a much-loved building is sometimes recounted in "biographical" terms and, on occasion, the demise of such a building is accompanied by an "obituary". (…) But what of the vast bulk of those ordinary buildings that are routinely dismissed? Does this constitute murder? (Cairns and Jacobs, 2014).*

5.1. Progettare per l'estensione della vita utile e il reimpiego in architettura

5.1.1. La flessibilità degli edifici come garanzia: il Design for Change

Come già esaminato nel capitolo precedente, gli impatti "nascosti" dei prodotti edilizi dimostrano la necessità di promuovere la decarbonizzazione del settore edilizio considerando non solo l'energia operazionale dei fabbricati, bensì anche quella impiegata in tutta la filiera produttiva. Coniugando, attraverso una gestione circolare, il tema dell'uso sostenibile delle risorse con quello degli impatti incorporati negli elementi edilizi, è possibile ottenere dei vantaggi sia in termini di impronta materiale che di riduzione dei consumi energetici e di emissioni. Infatti,

> per mezzo della rimessa in circolazione dei prodotti, piuttosto che del loro "usa-e-getta", l'economia circolare conserverebbe il valore dei prodotti e dei materiali meglio della attuale economia lineare. Minimizzando la domanda di ulteriori materiali ed energia, e minimizzando la produzione di rifiuti, l'economia circolare potrebbe anche contribuire alla riduzione delle emissioni dei GHG (EEA, 2017).

La flessibilità funzionale di un edificio, unita alla durabilità tecnica delle soluzioni costruttive che lo caratterizzano, è ritenuta una garanzia di sostenibilità nel tempo ed è alla base di strategie progettuali come il *Design for Change* (*DfC*). Questo approccio è definibile come "la prassi progettuale e costruttiva che prende atto dei requisiti e delle aspirazioni mutevoli degli utenti individuali e della società. [Esso] si basa sull'idea che anticipando, dalla progettazione di un edificio in avanti, le [sue] alterazioni future sarà possibile soddisfare le modifiche richieste nel tempo dall'utenza attraverso interventi costruttivi non invasivi" (Galle et. al, 2019). In altri termini, il *DfC* si propone come una strategia volta a ottimizzare

le possibilità di riuso adattivo dell'edificio[1]. Si tratta di un approccio che necessita di uno sguardo critico nei confronti delle alternative possibili a livello progettuale, siano esse funzionali, compositive o tecniche, valutandone di volta in volta le ricadute sociali, di fruizione, oltre che ambientali. Gettando le basi per l'estensione della vita utile futura del fabbricato e mirando a ridurre le possibilità che esso diventi oggetto di obsolescenza funzionale[2], il *Design for Change* si propone come una soluzione sostenibile a incentivo della circolarità nell'ambiente costruito. Le risorse materiali di cui un edificio è costituito possono così conservare la propria *utilità*, ammortizzando gli impatti ambientali del fabbricato su un tempo più lungo e riducendo il consumo di materie prime, nonché la produzione di rifiuti da C&D, derivanti dalla sostituzione della costruzione esistente con una nuova (ARUP et al., 2019). Questa prospettiva richiede che, nel concepire l'adattabilità di un edificio, sia necessariamente preso in considerazione il suo intero ciclo di vita (fig. 5.1). Il gruppo di lavoro della VUB (*Vrije Universiteit Brussel*) *Architectural Engineering* che da alcuni anni lavora su questo tema di ricerca individua due livelli progettuali principali sui quali agire per facilitare il *DfC* (Galle et al., 2019). Il primo di questi è relativo agli aspetti compositivi della costruzione – intesi quali esito delle forme planimetriche, volumetriche e distributive – che determinano quanto essa potrà o meno essere (ri-) utilizzata e adattata. Il secondo livello progettuale è invece quello che definisce come l'edificio si "materializza" fisicamente, sulla base di decisioni che concorrono a stabilirne durabilità e prestazioni nel tempo, nonché a prefigurare le opportunità di reimpiego e riconfigurazione degli elementi tecnici di cui il fabbricato è composto.



Fig. 5.1. Bierman Henket Architecten, Uffici ABT/ Damen Consultants, Delft (2001). Il progetto sperimentale è stato sviluppato perseguendo una sostenibilità di tipo integrato, favorendo durabilità, flessibilità, contenimento energetico ed elevata compatibilità degli elementi edilizi (https://www.biermanhenket.nl/)

Sono dunque sia le scelte di tipo compositivo che quelle appartenenti alla sfera tecnica a determinare quanto velocemente l'edificio diverrà obsoleto, poiché concorrono a determinare il grado di adattabilità della costruzione e la propensione della stessa ad accogliere funzioni mutevoli nel tempo. Tali considerazioni vanno calate di volta in volta nel contesto delle dinamiche urbane, sociali ed economiche che contraddistinguono il sito di progetto. Dal punto di vista compositivo, il *Design for Change* promuove edifici caratterizzati da un elevato grado di flessibilità, ottenuta attraverso una gestione efficiente degli spazi, che in questo modo garantiscono maggiori opportunità di ristrutturazione o riqualificazione. Dal punto di vista tecnico, le considerazioni relative alla durabilità dei prodotti e sistemi costruttivi impiegati vanno commisurate alle aspettative di vita prefigurate per ciascun elemento tecnico del fabbricato. Assumono molta

1 - Questo approccio ricorda le esperienze progettuali condotte negli anni Sessanta con lo scopo di individuare delle tecniche che permettessero agli organismi edilizi di adattarsi alle funzioni in base alle necessità emergenti nel tempo. Da un lato queste ricerche, come quelle di Yona Friedman e di Habraken (proseguite poi nella SAR), si sviluppano nella direzione della separazione tra *support* e *infill*, determinando in questo modo anche una "separazione del controllo" dettata dallo scorrere del tempo (Teerds et al., 2011). Dall'altro, avvalendosi del principio di indeterminatezza, in contrapposizione al *form follows function*, comportano la progettazione e realizzazione di edifici che non presentano una specificità funzionale.

2 - Si veda il paragrafo 1.3, in merito al tema delle motivazioni alla base dell'obsolescenza edilizia, e i rimandi contenuti nel paragrafo 2.3. Per approfondimenti: Giachetta A., 2004. *Architettura e tempo: la variabile della durata nel progetto di architettura*.

importanza, in questa prospettiva, l'aspetto impiantistico e le scelte progettuali (come modularità, assemblaggio a secco, prefabbricazione) che favoriscono le alterazioni future degli elementi non strutturali, come le partizioni interne, e dell'involucro. In una prospettiva economica, progettare per la durabilità permette l'utilizzo e la conservazione del valore dei beni edilizi per un tempo più lungo, come suggerito dai principi circolari. Se "materiali durevoli e solidi standard costruttivi possono ridurre i costi di manutenzione, favorendo la fattibilità economica di una costruzione", la flessibilità supporta gli operatori immobiliari nel "modificare la funzione d'uso dei beni in un tempo successivo – per esempio, da commerciale a residenziale" (ARUP, 2016). Questa prospettiva indica come anche la componente economico-immobiliare, in prospettiva di ciclo di vita, sia fortemente connessa alla sostenibilità ambientale, tema correntemente poco familiare ai progettisti che tradizionalmente valutano questi aspetti limitandosi alla compiutezza del progetto realizzato[3].

Nel promuovere l'integrazione di tali considerazioni all'interno del processo progettuale, la prospettiva del *Design for Change* si scontra con quella che sarà l'effettiva capacità del fabbricato di rispondere alle necessità future, in particolar modo a causa della velocità di trasformazione che caratterizza la società contemporanea (Giachetta, 2004). Ciò nonostante, l'impiego di strategie che facilitino il riuso dell'intero organismo edilizio si propone come una delle soluzioni più sostenibili tra quelle suggerite per la gestione del costruito esistente, poiché massimizza la preservazione delle risorse materiali. Al fine di garantire l'esito più efficiente di questo approccio, tuttavia, "non è abbastanza estendere la vita di servizio dell'intera costruzione. I componenti [stessi] dovrebbero circolare secondo dei *loop* continui" (Galle et al., 2019), estendendo le opportunità di riuso dall'edificio ai singoli elementi che lo compongono. In altri termini, la forma più compiuta del *Design for Change*, allo scopo di perseguire pienamente l'efficienza delle risorse, dovrebbe "prevedere anche la possibilità di reimpiegare e riutilizzare i componenti e materiali della costruzione a fine vita" (CSTC, 2017). Uno scenario che si caratterizza per una notevole complessità, in particolar modo nella prospettiva di dover garantire un'efficacia di questo approccio nel tempo futuro, come descritto da Ghyoot et al. (2018) in merito al tema della flessibilità degli spazi direzionali:

> (…) fabbricanti di pareti divisorie modulari per uffici sono spuntati come funghi in tutti i continenti ed hanno efficacemente sopraffatto ogni dubbio (almeno sulle riviste professionali) che potesse attaccare o scalfire quelle loro operazioni altamente remunerative. Eppure, alla fine degli anni sessanta il gioco era finito: tutti quelli che avevano lavorato in un ufficio costruito con pareti modulari flessibili, sapevano perfettamente che la *flessibilità* veniva a costare enormemente più della *non flessibilità* e che nella maggioranza dei casi era ancora meno 'flessibile' di questa. Occorreva più tempo (e danaro) a muovere queste flessibilissime pareti nella loro griglia modulare che convincere il secondo vice-presidente a spostarsi nella stanza prima occupata dal primo vice-presidente; inoltre tali trasformazioni facevano piazza pulita di tutto ciò che completava la prima disposizione: controsoffitti, moquette, impianti elettrici, telefonici e dell'aria condizionata… solo per citarne alcuni.

3 - Nella prospettiva LCT viene impiegato a questo scopo il *Life Cycle Costing*, strumento che permette di valutare gli investimenti richiesti e le spese da sostenere in tutte le fasi inerenti al processo edilizio, dalla progettazione alla gestione del fine vita attraverso la fase d'esercizio. https://ec.europa.eu/environment/gpp/lcc.htm [09.2020].

5.1.2. Incentivare la circolarità degli elementi: il Design for Disassembly

Il *Design for Disassembly* o *Design for Deconstruction* (DfD) può essere letto come l'applicazione del *DfC* alla scala dell'elemento edilizio, nonché come uno dei presupposti di base per la realizzazione di una futura e matura economia circolare nella sfera delle costruzioni. Come molte delle strategie impiegate in ambito architettonico in tema di prevenzione dei rifiuti[4], esso è mutuato dalla sfera del design industriale. Tale disciplina, occupandosi di progettazione e sviluppo dei prodotti d'uso quotidiano, è stata la prima ad avvertire la necessità di governare le caratteristiche dei beni per limitare gli impatti ambientali dovuti alla gestione del loro fine vita. La convenzionale progettazione sostenibile si focalizza sulla chiusura dei *loop* materiali attraverso processi efficienti di riciclo, agevolati dal facile disassemblaggio delle componenti, possibilmente monomateriali, del prodotto. Il DfD si propone come un approccio in grado di fare un passo in più, integrando la progettazione per la durabilità "in grado di mantenere il valore degli elementi nel tempo" (Bakker et al., 2014) a questi criteri e, dunque, integrando le strategie di estensione del ciclo di vita al concetto di sostenibilità.
In ambito edilizio, decostruire significa "smontare secondo un programma prestabilito, seguendo spesso un ordine inverso a quello usato nel costruire, ed inventariare tutti i materiali e gli elementi tecnici in modo da avere una piena conoscenza di questi ultimi per poterli poi recuperare ed eventualmente mettere in opera nuovamente" (Grimellini, 2004). Il *Design for Deconstruction* mira quindi a "garantire la disassemblabilità degli elementi tecnici e il recupero di materiali e componenti in fase di manutenzione e dismissione dell'edificio" (Altamura, 2015). Ciò è possibile solo riflettendo "sin dalla fase di concept dei fabbricati, tenendo conto della loro decostruzione come ulteriore premessa da un lato relativa alla produzione di scarti a fine vita e dall'altro quale opportunità per incoraggiare il riciclaggio e il riutilizzo di alcuni elementi accuratamente disassemblati" (CSTC, 2017). Il DfD rappresenta uno degli approcci più recenti che favoriscono il riuso di materiale e la prevenzione degli scarti attraverso l'applicazione dei principi circolari a livello di prodotto e di componente (ARUP, 2016). Si tratta tuttavia di una prospettiva che non permette esclusivamente il riuso di materiali, prodotti e componenti al fine vita dell'edificio. Infatti, consentendo di condurre in modo efficiente le attività di riparazione, manutenzione e sostituzione di queste risorse (Galle et al., 2019) ne estende il ciclo di vita, favorendo di conseguenza il prolungamento della vita utile dell'edificio stesso. Analogamente a quanto avviene nella prospettiva del DfC, il *Design for Disassembly* richiede una attenta valutazione circa la differente durabilità degli elementi impiegati, poiché essa può variare notevolmente in base alle caratteristiche di prodotti e componenti. Le opportunità di recupero e reimpiego di questi ultimi sono infatti legate in modo inscindibile alle scelte progettuali tecniche, in particolar modo quelle relative agli strati funzionali impiegati (Ghyoot et



Fig. 5.2. Il "pace layering" di un organismo edilizio, in cui ciascuno dei layer individuati è caratterizzato da una durabilità diversa, dal sito "permanente" alla più "transitoria" oggettistica (da Brand, 1994)

4 - Anche l'LCA nasce per quantificare e valutare gli impatti ambientali nell'ambito del design del prodotto e solo negli ultimi decenni è stato sviluppato per l'applicazione agli interi organismi edilizi.

al., 2018). Una delle rappresentazioni più note ed esemplificative degli esiti di questa circostanza sulle costruzioni contemporanee è quella impiegata da Stewart Brand[5] e riportata in figura 5.2.
Il *Design for Deconstruction* individua nel differenziale di durabilità delle varie componenti del fabbricato, convenzionalmente ritenuto solo una possibile fonte di rifiuti e di impatti ambientali, l'opportunità di promuovere la circolarità di questi elementi. Il potenziale di reimpiego è legato a due tipi di durabilità (o, vista in prospettiva inversa, obsolescenza), da un lato quella dei materiali che costituiscono il prodotto o componente e, dall'altro, quella degli elementi tecnici nella loro interezza, in base alla funzione ricoperta. In tal senso, gli edifici

> sono una raccolta di materiali e sistemi messi insieme per svolgere determinate funzioni. Per tale ragione, ciascun materiale o sistema è associato a due tipi di ciclo di vita: uno relativo alla durabilità del materiale e un altro inerente alla durabilità delle funzioni che i materiali devono svolgere. In altri termini, si può parlare di vita tecnica e d'uso di ciascun materiale, componente e sistema all'interno dell'edificio (Durmisevic, 2006).

Appare dunque di fondamentale importanza governare i differenti cicli di vita che differenziano non solo un elemento tecnico da un altro, ma anche quelli che caratterizzano i prodotti che vanno a comporre una medesima soluzione costruttiva. In generale, nonostante non sia codificato in modo univoco, un ampio spettro di criteri da considerare nel corso della fase progettuale (Altamura, 2015; CSTC, 2017; Galle et al., 2019; Ghyoot et al., 2018; Gorgolewski, 2018; Morgan e Stevenson, 2005; Sassi, 2008) consente di orientare quest'ultima verso il *DfD*. Questi principi sono riconducibili a tre tematiche principali:

a. la reversibilità,
b. il fattore tempo, e
c. il fattore informazione.

Le considerazioni relative alle tecniche di smontaggio (a) sono quelle che acquisiscono maggiore rilevanza. È consigliato privilegiare dei sistemi costruttivi a secco, costituiti da stratificazioni funzionali assemblate senza connessioni o con fissaggi reversibili e facilmente accessibili. È infatti fondamentale poter raggiungere i punti di installazione dei singoli elementi in modo progressivo (*layer* dopo *layer*), fisico (da parte dell'operatore) e agevole (per mezzo di strumenti di comune utilizzo). In tal modo si consente efficacemente non solo lo smontaggio a fine vita, ma anche qualsivoglia operazione di manutenzione, riparazione o sostituzione nel corso della vita utile dell'edificio. La durabilità di prodotti, componenti e fissaggi, se elevata, consente di limitare nel tempo il numero di operazioni di manutenzione e sostituzione.
Date le rapide dinamiche del mercato immobiliare contemporaneo (e futuro), anche le tempistiche (b) con cui sarà possibile effettuare la decostruzione rappresentano un tema importante. Progettare un edificio perché sia smontabile in tempi brevi – compatibilmente con le sue caratteristiche – si rivela quindi

5 - Stewart Brand (n. 1938), autore statunitense, diviene noto dalla fine degli anni Sessanta per essere il promotore ed editore del *Whole Earth Catalog*, una pubblicazione il cui scopo era quello di inventariare e descrivere un ampio ed eterogeneo spettro di prodotti considerati strumenti "utili" (dagli utensili di ogni giorno a supporti informativi) in termini di autosufficienza, ecologia ed educazione. Questi erano selezionati sulla base di cinque criteri: utilità, indipendenza, elevata qualità o basso costo, non ancora noti, facilmente ottenibili via posta. Non a caso le prime uscite del *Catalog* coincidono con il periodo storico della controcultura, un clima culturale improntato al DIY e al ritorno alla natura.

un vantaggio, come il fatto che sia possibile condurre queste operazioni contemporaneamente in porzioni differenti del fabbricato stesso. Impiegare un numero limitato di componenti, fissaggi e tipi di fissaggio agevola ulteriormente il contenimento dei tempi di decostruzione.
È inoltre importante che ogni decisione rilevante presa in merito ai due aspetti sintetizzati venga registrata sotto forma di informazione (c) e rivolta a chi sarà in carico della decostruzione dell'edificio, ma anche a chi si occuperà della gestione dello stesso nel corso della sua vita utile. Questi documenti dovrebbero fornire informazioni accurate circa il modo in cui è effettivamente stata realizzata la costruzione: schede tecniche dei componenti, prodotti e materiali impiegati; metodi di fissaggio o assemblaggio; disegni tecnici di dettaglio o *as built*; modelli BIM (*Building Information Modeling*). Tali supporti informativi possono essere integrati da un piano o una guida di demolizione dell'edificio, nonché da indicazioni in merito alla manutenzione, le quali permettono di individuare con precisione le attività di riparazione o sostituzione previste per ciascuna fase della vita utile del fabbricato (nonché chi ne sia responsabile).
Vi sono naturalmente anche numerosi aspetti di tipo economico che influenzano le operazioni di decostruzione, i quali mutano in base al contesto in cui il progetto è realizzato. Queste circostanze "sono variabili non solo per via della natura della costruzione, ma anche in base ai cambiamenti economici o politici che avranno luogo nel futuro" (Sassi, 2008) e dunque non facilmente prevedibili.

5.1.3. Decostruire il costruito: premesse per il futuro

> Una prima sfumatura riguarda un'interpretazione un po' perversa dei principi del DfD, secondo la quale solamente degli edifici esplicitamente concepiti con la prospettiva della decostruzione si presteranno effettivamente allo smontaggio e disassemblaggio a favore del reimpiego (Ghyoot et al., 2018).

Questa considerazione intende sottolineare l'interpretazione, a tratti ortodossa, con cui possono essere letti i criteri di base convenzionalmente adottati per il DfD. È indubbio che condurre delle attività di decostruzione nel caso di edifici specificatamente progettati per facilitarle si dimostri più agevole in termini tecnici, operativi, temporali ed economici. In questa prospettiva, soprattutto sotto il profilo degli impatti ambientali, "progettare il fine vita diventa essenziale" (Meggers, 2010). Tuttavia, ciò "non costituisce una ragione per procrastinare il tema del reimpiego a un futuro incerto. Una gran parte del costruito esistente, in tutta la sua eterogeneità, si presta sin d'ora a tali operazioni" (Ghyoot et al., 2018)[6]. L'incentivo di strumenti come il DfD contribuirà senza dubbio a evitare "problemi che potrebbero semplicemente essere evitati in primo luogo (…) prevenire è meglio che curare, ed è per questo che la progettazione potrebbe davvero salvare il mondo" (Fletcher, 2017). Tuttavia, tale ottica non può essere applicata esclusivamente alle costruzioni future, se davvero si desidera innescare i primi *loop* della graduale transizione dal modello lineare dei processi costruttivi a quello che preserva il valore di risorsa di prodotti e componenti edilizi. Perseguire la circolarità di questi ultimi richiede che le pratiche di demolizione selettiva siano applicate al patrimonio edificato contemporaneo nonostante esso costituisca, in

6 - Michaël Ghyoot è un componente del collettivo belga Rotor, la cui attività sarà illustrata nel paragrafo 5.2.2. Se si considera che questo gruppo di progettisti, da sempre interessati allo studio dei flussi materiali, ha recentemente avviato a Bruxelles un attivo *spin-off* dedicato a eseguire proprio le operazioni di decostruzione, si comprende come non potrebbe esternare una diversa opinione.

questa prospettiva, una gravosa eredità materiale di cui risulta difficile immaginare una gestione "soddisfacente"[7] sotto il profilo ambientale. Tuttavia, questo tipo di considerazioni non vale esclusivamente per le azioni intraprese in termini di risorse materiali, attraverso prevenzione e gestione dei rifiuti. Infatti, anche interventi di efficientamento energetico o di adeguamento sismico del costruito esistente si rivelano in molti casi impegnativi sotto il profilo tecnico-economico. Se da tempo le politiche incoraggiano la riduzione delle emissioni GHG e dell'uso intensivo di energie non rinnovabili (efficientamento) e gli interventi in favore della sicurezza (adeguamento sismico), anche il tema degli impatti ambientali che generati dal settore edilizio in termini di rifiuti da C&D va affrontato in relazione allo stock edilizio corrente.

L'UNI (2020) definisce la decostruzione selettiva come una demolizione "il cui obiettivo è di facilitare le operazioni di separazione dei componenti e dei materiali, al fine di pianificare gli interventi di smontaggio ed i costi associati all'intervento e recuperare componenti e materiali il più possibile integri, non danneggiati né contaminati dai materiali adiacenti, per massimizzare il potenziale di riutilizzabilità e/o riciclabilità degli stessi". Tale definizione sottolinea la necessità di pianificare i processi di demolizione in modo accorto per ottimizzare l'efficacia del recupero delle risorse materiali che ne sono esito. Il processo proposto include componenti e materiali, processi di riutilizzo e di riciclo, sottintendendo che le strategie di recupero da adottare variano necessariamente in base alle possibilità offerte in tal senso da ciascun elemento tecnico dell'organismo edilizio. La definizione proposta dall'UNI comprende le due diverse operazioni di decostruzione e demolizione selettiva identificate dalla Commissione Europea (2018). Nel primo caso, esse prevedono la "rimozione degli elementi edilizi da un sito di demolizione al fine di massimizzare il loro recupero e riuso" delineando un approccio volto alla preservazione dell'integrità di prodotti e componenti. Nel secondo, si riferiscono invece alla "rimozione di materiali da un sito di demolizione in una sequenza predeterminata al fine di massimizzare le prestazioni di recupero e riciclo", permettendo così una efficiente "raccolta differenziata" dei flussi materiali per i quali non sia possibile effettuare operazioni di decostruzione.

Nonostante non sia ancora prassi tra gli operatori del mercato, l'impiego di strumenti come audit pre-demolizione, inventario dei materiali ed elementi e linee guida per la gestione dei rifiuti permette di massimizzare il valore di risorsa del costruito contemporaneo. La conoscenza del fabbricato del quale avverrà la demolizione si qualifica infatti come il primo passo per individuare le potenzialità dei suoi componenti in termini funzionali, prestazionali e pianificare la loro gestione. Gli strumenti suggeriti, esaminati nel paragrafo 3.3, consentono una prima differenziazione tra le unità tecnologiche che saranno destinate a processi di trattamento, auspicabilmente riciclo, e gli elementi edilizi che si dimostrano, invece, adeguati a un reimpiego. Nel primo caso, l'inventario dovrà essere teso a gettare le basi perché dalle operazioni di demolizione sia possibile ottenere frazioni monomateriali il più possibile omogenee e pure. Nel secondo caso, suggerendo la rimozione dei prodotti e componenti riusabili, garantirà la loro separazione dai flussi di rifiuti "alla fonte".

Ciò richiede un approccio al tempo stesso analitico e progettuale. Da un lato,

7 - "*Almost no buildings adapt well. They're designed not to adapt; also budgeted and financed not to, constructed not to, administered not to, maintained not to, regulated and taxed not to, even remodeled not to. But all buildings (except monuments) adapt anyway, however poorly, because the usages in and around them are changing constantly*" (Brand, 1994).

l'analisi delle caratteristiche tecniche, formali e di prestazione residua è premessa necessaria alle suggestioni progettuali che individuano delle potenzialità di reimpiego dell'elemento esaminato. Tuttavia, al tempo stesso, sono le suggestioni che affiorano a una prima "lettura" dell'elemento a farne emergere il valore di risorsa.
La figura dell'*auditor*, come quella del progettista, adotta necessariamente un approccio applicato,

> che valuta le entità esistenti, la materia in essere, oggetti che sono già in circolazione e che diventano luogo di riflessione e di trasformazione in un "qualcosa" che spesso non era mai stato previsto potessero essere (Brooker, 2017).

Filtrare il costruito esistente attraverso questo sguardo si traduce in un processo che coniuga ricerca e progetto. Implementare questa strategia nel caso di una costruzione il cui fine vita non era probabilmente nemmeno considerato, comporterà, nel più dei casi, maggiori difficoltà e una limitata incidenza. Tuttavia, ciò non esclude che possa condurre ad applicazioni sorprendentemente efficaci.

5.2. "Mine the city!"[8]: strategie per liberare le "risorse a rendere" conservate nel costruito

5.2.1. Il tessuto edilizio contemporaneo come giacimento urbano

Come esaminato nel paragrafo 2.2, durante l'era preindustriale è sempre stato individuato un "valore di risorsa" negli edifici del passato, non solo nella loro interezza, ma anche nei singoli elementi che li componevano.
Tale identificazione ha di volta in volta acquisito sfumature di consapevolezza differenti, a partire dal reimpiego per motivazioni esclusivamente funzionali fino a quello dettato da ragioni simboliche. Implementare la circolarità nell'ambito del costruito esistente richiede di assumere un analogo approccio, trasponendo la individuazione del valore di risorsa dalla costruzione al componente quantomeno in chiave di riduzione degli impatti ambientali. Ciò si traduce nel recuperare le risorse materiali già in circolazione al fine di reintegrarle nella catena del valore, attraverso i processi più adeguati in base alle caratteristiche tecniche e alla prestazione residua delle stesse. Ove non fosse fattibile o conveniente – per ragioni prestazionali, tecniche, economiche – conservare attraverso il riuso un elemento nella sua integrità, dunque nella sua autonomia semantica, rimane indiscutibilmente importante adottare processi di "riuso delle molecole" (Stahel, 2019) attraverso il riciclo.
Tale prospettiva è inquadrata con taglio interessante da un saggio degli architetti, editori e curatori Ilka e Andreas Ruby (2010), i quali analizzano come la sfera della produzione fisica, materica, dell'architettura abbia subito negli ultimi secoli una trasformazione radicale. Essa è stata, infatti, per lungo tempo sospesa tra due contesti chiaramente differenziati sia in senso geografico che ontologico. Da un lato vi era la sfera naturale, da cui era possibile attingere per ottenere i materiali da costruzione, dall'altro, "l'edificio finale in cui tali risorse erano riapplicate in una configurazione materiale nuova e ridefinita", dunque il dominio culturale. Al contrario, al giorno d'oggi

8 - La locuzione è presa in prestito dal titolo del contributo di Ilka e Andreas Ruby contenuto nel volume *Re-inventing construction* (2010, Berlin: Ruby Press), pubblicazione da loro stessi curata.

> (i) le risorse materiali delle costruzioni si stanno progressivamente esaurendo nel loro naturale luogo di origine e, al contrario, si accumulano negli edifici. Per esempio, attualmente c'è più rame negli edifici che nel sottosuolo. Mentre le miniere si svuotano gradualmente, le costruzioni stesse divengono miniere;
> (ii) al tempo stesso, l'aspettativa di vita degli edifici si restringe. Alcune volte la vita utile degli edifici sembra coincidere con il relativo intervallo di svalutazione, come se il valore materiale dell'architettura si estinguesse una volte che il suo valore finanziario si azzera (Ruby I. e Ruby A., 2010).

Rifacendosi, per denominazione e metodo, alle esperienze di reimpiego delle risorse materiali in contesto urbano proprie dell'età pre-industriale, lo *Urban Mining* (UM) riflette l'idea di "*caring for stocks*" che Stahel (2019) riferisce all'economia circolare – non a caso, poiché condividono i medesimi principi di base. Volta a una più efficiente gestione delle risorse conservate [*stored*] nel costruito esistente, questa strategia non è identificata in modo strutturato e univoco.
In termini generali, riferiti non esclusivamente al settore edilizio, può essere intesa come "il processo rivolto a recuperare composti ed elementi da ogni tipo di stock antropogenico, comprese costruzioni, infrastrutture, settori industriali, prodotti (in uso o non più)" ed è motivata dal fatto che "i materiali [ivi] a disposizione possono rappresentare una fonte considerevole di risorse, con concentrazioni di elementi spesso raffrontabile con quella degli stock naturali o maggiore" (Cossu e Williams, 2015). In base alla concettualizzazione proposta da Cossu e Williams, queste pratiche si collocano all'interno di una nicchia dei processi di riciclaggio, i quali si occupano generalmente di trasformare alcuni flussi di rifiuti in materiali per poi impiegarli nella realizzazione di nuovi prodotti, reintroducendoli così nella catena produttiva. Come sottolineano Johansson et al., (2013) le molte definizioni correntemente utilizzate per definire lo UM non individuano spesso in modo specifico a quali stock della tecnosfera facciano riferimento né che cosa distingua questo tipo di processi da quelli di riciclo e riuso.
Nel dominio dell'architettura, come rilevato da Ilka e Andreas Ruby, questo concetto si basa sul fatto che il costruito urbano accentra una cospicua quantità di materiali, prodotti e componenti da costruzione i quali si accumulano nel tempo, andando a formare uno stock durevole e duraturo, in lenta ma costante crescita (Gorgolewski, 2019). Il fatto che le aree urbane siano in continua trasformazione, attraverso la manutenzione, ristrutturazione, costruzione e demolizione di edifici, costituisce un ulteriore fattore che mette a disposizione all'interno del perimetro della città, "liberandole", delle risorse che possono essere impiegate per un secondo o terzo utilizzo (Von Richtofen et al., 2017). Nel contesto della gestione del patrimonio edilizio, il termine *urban mining* "descrive il potenziale di intendere le nostre città come serbatoi di risorse" implicando che "le miniere del futuro non si trovano quindi nel sottosuolo, ma vanno ricercate nel nostro ambiente costruito" (Stollmann, 2014). Tale approccio, orientato alla preservazione del valore di queste risorse non solo per un secondo impiego, ma anche per dei potenziali riutilizzi ulteriori, si avvale in modo spontaneo di processi circolari, ovvero, nel caso dell'edilizia, di riciclo e reimpiego. Insieme alla visione ottimistica che contraddistingue questa prospettiva emerge tuttavia, in particolar modo considerando i criteri di guida del DfD, l'incertezza su *come* recuperare le risorse conservate in questa miniera. Infatti "nessuno sa esattamente 'dove, quanti e quali' materiali e materie prime si trovano in una miniera urbana" (Rau e Oberhuber, 2019) né "in quali quantità e quando sarebbero disponibili" (Von Richtofen et al.,

2017).
Ghyoot et. al (2018) delineano in modo chiaro quali siano le caratteristiche proprie di questo "giacimento urbano" che incrementano la difficoltà di recuperare il valore sepolto al suo interno. In primo luogo si tratta di una riserva eterogenea e imprevedibile. Se, da un lato, l'ampia gamma di materiali e componenti di cui si compone, differenziato in base alle epoche costruttive, può apparire a prima vista un vantaggio, essa si traduce in una composizione dei flussi materiali difficile da anticipare sia riguardo le specifiche frazioni che la quantificazione delle stesse. In secondo luogo, il costruito è un giacimento disperso e prevalentemente privato. Le risorse materiali sono infatti suddivise in una grande quantità di edifici, frazionata in molte proprietà differenti, e per accedervi sarebbe dunque necessaria una concertazione con i singoli possessori mirata anche alla comprensione delle tempistiche (a breve, medio e lungo termine) entro le quali sarebbe possibile recuperare tali materiali, prodotti e componenti. In terzo luogo, l'impianto della miniera è quello di un contesto urbano e conseguentemente "i metodi di estrazione dei materiali sono destinati a restare molto vicini a quelli artigianali", al contrario di ciò che avviene in un convenzionale giacimento minerale. Ciò implica la necessità di processi di decostruzione che richiedono molta manodopera, specializzata e non, e dell'adeguato spazio per lo stoccaggio del materiale. Va inoltre menzionato che "l'estrazione e la lavorazione dei materiali nello *urban mining* sono anche fortemente condizionati dalla fattibilità economica" (Cossu e Williams, 2015).
Alcuni progettisti individuano, oltre a queste difficoltà, alcune problematiche di ordine tecnico, relative alle caratteristiche costruttive dello stock edilizio novecentesco. Quest'ultimo è infatti stato realizzato, in Italia come in tutta Europa, prevalentemente per mezzo di sistemi costruttivi a umido, con l'uso di considerevoli quantità di calcestruzzo (armato e non) per le parti strutturali e leganti a base cementizia per le componenti in laterizio. Queste circostanze rendono difficoltoso immaginare l'attivazione di attività di demolizione che non siano di tipo distruttivo e che permettano processi di trattamento anche solo di riciclo. Come rileva Werner Sobek (2010):

> Quando non si considera il riciclo sin dall'inizio del processo progettuale, sorgono notevoli ostacoli anche al più semplice recupero di materiale. Ciò è in primo luogo dovuto alla difficoltà di separare i materiali tra loro; più i materiali sono legati insieme, meglio per l'architetto, perché deve garantire che l'edificio non crolli. Ma più i materiali da costruzione sono legati insieme, più sono difficili da riciclare.

Una opinione condivisa da Rau e Oberhuber (2019), i quali ritengono che metodi come lo *urban mining* possono "rimediare parzialmente alla criticità dell'attuale catena, ma non cambiano in nulla la catena stessa, per cui il problema può essere in qualche misura attenuato, ma non risolto". Questa prospettiva è rivolta in particolar modo ai processi di reimpiego, che richiedono l'estrazione degli elementi nella loro integrità per garantir loro delle effettive possibilità di nuovo utilizzo.
Nonostante le difficoltà che emergono nella concretizzazione delle pratiche di *urban mining*, nel contesto europeo, ma non solo, è possibile riscontrare negli ultimi due decenni una loro progressiva diffusione[9]. Questa circostanza dimostra

9 - Nei due paragrafi successivi sono rispettivamente trattati l'attività di alcuni studi professionali che promuovono il reimpiego di elementi edilizi e alcuni progetti di ricerca, nazionali e internazionali, inerenti al tema. Inoltre, il capitolo 8 riporta una schedatura di casi studio relativa a progetti internazionali di

come le motivazioni di tipo ambientale e il conseguente interesse a implementare la circolarità di produzione e consumo nei modelli edilizi rivestano un ruolo sempre più importante nella pratica architettonica. Non a caso, Hebel (2017) definisce lo *urban mining* come una vera e propria "disciplina che riguarda l'identificazione degli stock artificiali, la quantificazione delle materie prime e le prospettive relative sia alla redditività del recupero tecnico che ai ricavi del futuro progetto per [garantire] una continua produzione architettonica". Tale punto di vista rivela un approccio che copre uno spettro di attività ben più ampio di quello suggerito da un'accezione dell'UM limitata al solo concetto di recupero delle risorse materiali per la loro seguente lavorazione finalizzata al reimpiego.
Descrivendo un processo organico, trasversale, che copre dalle indagini sul campo alla gestione economica, dalla individuazione delle risorse materiali alla progettazione del loro futuro reimpiego, Hebel colloca questa strategia all'interno della produzione di architettura.
Come nel caso dell'audit pre-demolizione di un singolo edificio, i processi che permettono di raccogliere e interpretare i dati relativi a un'area urbana richiedono un approccio al tempo stesso analitico e progettuale. È infatti possibile ricostruire le proprietà della "miniera" attraverso una pluralità di metodi differenti, la cui integrazione consente di ottenere una quantità rilevante di informazioni circa l'entità e le caratteristiche delle risorse a disposizione. Ciò richiede, al tempo stesso, di adottare una visione critica circa il destino di queste ultime, in base alla conoscenza delle proprietà tecniche che possiedono, ai processi richiesti per il loro recupero, alle possibili nuove destinazioni d'uso.
Tra i possibili strumenti investigativi, Ghyoot et al. (2018) individuano la *material flow analysis*, la quale, unita allo studio dei sistemi costruttivi del passato, permette di stimare e qualificare i materiali ed elementi più utilizzati in base all'epoca di costruzione. Tale esame va correlato agli esiti di indagini sul campo che, basandosi su di un campione rappresentativo di tipi edilizi, permettono di affinare ulteriormente le valutazioni. Per quanto riguarda invece la messa in atto di questa strategia, la creazione di una rete collaborativa con i principali attori del settore (enti pubblici, gestori di grandi proprietà immobiliari, imprese di demolizione, rivenditori), può attivare delle economie locali dalle ricadute economiche potenzialmente rilevanti (Stahel, 2019). Una delle difficoltà maggiori che derivano dall'operare sul costruito esistente è che la densità propria delle aree urbane comporta difficoltà nell'individuare aree di stoccaggio adeguate e vicine, di volta in volta, ai siti o ai cantieri interessati. Queste possono essere collocate in aree semi-periferiche, così da ammortizzare il costo del terreno e al tempo stesso garantire la necessaria prossimità alle aree di demolizione.
Come nel caso dell'audit pre-demolizione di un singolo edificio, le strategie di *urban mining* permettono di massimizzare il valore delle risorse recuperate. Molti dei casi esaminati nei paragrafi successivi suggeriscono come, muovendo da motivazioni di ordine principalmente ambientale, l'attività contemporanea di questa nicchia edilizia si concentri sul preservare le risorse materiali, per quanto possibile, attraverso il recupero dei prodotti e componenti nella loro integrità, per consentirne il successivo reimpiego. Si tratta di un approccio che incentiva applicazioni di valore per questi elementi, evitando che siano coinvolti in processi di *downcycling*. Questo orientamento caratteristico dello UM in architettura denota, come già suggerito da Hebel (2017), come tali pratiche esulino dal

architettura caratterizzati dall'impiego di prodotti e componenti di riuso nella costruzione.

semplice recupero del "puro valore materiale", sfuggendo in tal modo anche alla classificazione proposta da Cossu e Williams (2015) che le ipotizzava appartenere alla macro-categoria del riciclo. Al contrario, esse sembrano rispondere maggiormente alla

> ipotesi che i materiali e componenti riutilizzati rappresentino un potenziale valore, in termini di cultura, energia ed economia, da preservare e consolidare (Manelius et al., 2017).

5.2.2. Strategie di reimpiego a scala urbana

Il termine anglosassone *practitioner*[10] rimanda, in modo più diretto di quanto non faccia l'omologo italiano "professionista", a delle attività di attuazione concreta implicando, nell'ambito delle costruzioni, un approccio di taglio applicativo e "materico". Alla luce dell'inquadramento delle pratiche di *urban mining* nella cornice della produzione di architettura, tale accezione risulta confermata dalla prospettiva processuale – e progettuale – che le stesse richiedono. È infatti necessario che i professionisti che adottano questo approccio sappiano gestire in modo strutturato una molteplicità di fasi e processi differenti tipici delle dinamiche edilizie. Ciò non richiede solo adeguate capacità di coordinamento, ma anche un grado di flessibilità tale da consentire l'apporto di modifiche al progetto in corso d'opera, in relazione ai materiali e componenti disponibili all'interno del giacimento urbano. Poiché, infatti, delle risorse materiali possono diventare improvvisamente accessibili, l'attività di ricerca, o *scouting*[11], non si sviluppa esclusivamente durante la fase del *concept* progettuale, bensì può potenzialmente coprire l'intero lasso di tempo che intercorre tra questa e il cantiere.
Tali operazioni risentono dunque forzatamente di una elevata variabilità, circostanza che si riflette in modo inevitabile sulle decisioni progettuali. Queste ultime, che possono di volta in volta prefigurare scenari diversi per l'integrazione degli elementi di reimpiego nella costruzione, devono inoltre confrontarsi con i vincoli dettati dalle tempistiche richieste e dal budget a disposizione. Come emerge dai temi affrontati nel paragrafo precedente, una delle doti più importanti di uno *urban miner* è quella di saper stimare, sulla base della propria esperienza nel campo e della conoscenza del mercato, quali siano i flussi di materiale che più facilmente potranno essere reimpiegati nel progetto. Ciò corrisponde, come sintetizza Cesare Peréen di Superuse Studio, a "prevedere cosa sarà disponibile nel futuro (…) tutto ciò che serve fare è essere all'erta e preparato" (van Hinte et al., 2007). In altri termini, è necessario saper anticipare quale sia la natura degli elementi da riusare, in relazione allo specifico contesto urbano e alle dinamiche proprie delle attività di demolizione e costruzione che lo caratterizzano. Tali conoscenze vanno poi confrontate con le necessità di tipo economico, relative anche alla stima del valore di questi elementi, di tipo tecnico-prestazionale, di tipo formale e con i non trascurabili aspetti logistici. Inoltre, data la evidente

10 - *BE (prækˈtɪʃənə) noun: 1. a person who practises a profession or art.* [https://www.collinsdictionary.com/it/dizionario/inglese/practitioner].

11 - Per definire le operazioni di ricerca dei materiali e componenti a disposizione in ambito urbano o locale per la loro integrazione in un progetto viene impiegato anche il termine *sourcing*. Questo rimanda tuttavia a una generica accezione di approvvigionamento, mentre la forma verbale *to scout (for)* descrive con maggior precisione – e suggestione – l'idea di una perlustrazione sul campo, di una ricognizione alla ricerca di risorse (ri-)utilizzabili.

matrice ecologica dei processi di reimpiego, le valutazioni relative alla sostenibilità ambientale delle possibili scelte costruttive costituiscono un rilevante strumento orientativo per i progettisti. Nel contesto europeo, tre studi di architettura contemporanei dimostrano, con approcci, strumenti e finalità diversi, di tradurre *in pratica* questo complesso insieme di attività. Condividendo lo scopo di incentivare l'economia circolare e, in particolar modo, il reimpiego di elementi, questi *practitioner* operano in modo strettamente legato allo specifico contesto geografico e culturale, permettendo tuttavia di leggere nelle rispettive attività delle forti similitudini metodologiche.

Superuse Studios

Tra i primi a imperniare la propria attività sui processi di reimpiego, gli olandesi Superuse Studios (ex-2012 Architecten) sviluppano le proprie realizzazioni attraverso un approccio volto a massimizzare il riuso degli scarti. In quest'ottica, il contesto è considerato un elemento attivo della fase progettuale, per via del suo potenziale nel fornire risorse inutilizzate da integrare nella costruzione donando loro una "seconda vita". La progettazione stessa, inoltre, "non è considerata come l'inizio di un processo lineare, bensì di uno circolare: una fase del continuo ciclo di creazione e ri-creazione, uso e ri-uso"[12]. Proprio a Ed van Hinte, Jan Jongert e César Peeren, fondatori dello studio, va attribuita la prima definizione di *superuse*. Questa pratica, che gli architetti stessi precisano (2007) generata dalla "consapevolezza della interazione tra la progettazione e la disponibilità dei materiali esistenti", si differenzia dal semplice reimpiego:

> Il *Superuse* è piuttosto un modo di creare architettura intercettando il flusso dei prodotti e degli elementi [che si crea] tra lo stadio in cui possiedono il massimo valore aggiunto e quello in cui il valore è invece dissolto, per via del loro stoccaggio in un magazzino o del conferimento in discarica, oppure disintegrato, al fine di poterlo ricreare da capo (van Hinte et al., 2007).

Tale approccio prende in esame tre differenti flussi di materiale. Nel primo caso si tratta di veri e propri rifiuti, dai quali è possibile produrre materie prime seconde che generalmente, tuttavia, non consentono applicazioni di elevata qualità. Il secondo caso riguarda invece la valorizzazione di tutti quei materiali considerati sottoprodotti, sfridi o residui dei processi di lavorazione, attraverso un loro utilizzo più efficiente della destinazione a processi di riciclo. Il terzo flusso materiale è invece quello cui appartengono i prodotti che raggiungono l'ultimo stadio del ciclo di vita, quello del fine vita. Queste tre categorie illustrano tre tipi di applicazione, da quella di minor qualità a quella più efficiente, dal *downcycling* al riuso. In tal senso, il *superuse* come definito dai tre progettisti, è una strategia che coinvolge in modo indifferente materiali, prodotti e componenti, rifiuti e prodotti, poiché tutti questi rappresentano delle risorse in potenza, fornite dal contesto, e possiedono un valore intrinseco. Allo scopo di facilitare il lavoro di uno *scout* nell'identificare le risorse a disposizione, il team di Superuse Studios ha ideato la *harvest map*, letteralmente una "mappa per il raccolto". Si tratta di una piattaforma online[13] che permette ai professionisti di localizzare i materiali ed elementi edilizi a disposizione entro un determinato raggio dal cantiere, la

12 - https://www.superuse-studios.com/ [09.2020].

13 - Il tema delle piattaforme di incontro domanda-offerta viene affrontato in modo esteso nel successivo paragrafo 5.2.3.

cui estensione dipende dalle circostanze. Questa mappa digitale registra tutte le categorie di flussi materiali precedentemente descritte, dai rifiuti di produzione, agli scarti e residui, fino ai prodotti giunti a fine vita, coinvolgendo in questo modo sia imprese che privati.
Uno dei più noti progetti realizzati da Superuse Studios utilizzando la *harvest map* è Villa Welpeloo (Enschede [NL], 2012), una abitazione unifamiliare realizzata per una coppia di artisti. La scelta dei materiali e prodotti che costituiscono la costruzione è stata compiuta attraverso uno *scouting* realizzato in un raggio di soli 15 km dal cantiere[14], determinando un continuo aggiornamento del progetto in corso d'opera in base a quanto veniva man mano recuperato nell'area. La struttura portante è costituita da profili d'acciaio ricavati da un macchinario precedentemente impiegato per la produzione tessile, industria di significativa importanza nel passato manifatturiero della regione. Con l'esclusione delle facciate in vetrocamera, nuove, altre vetrature sono state realizzate con delle lastre di scarto di una azienda che possiede un sito produttivo nelle vicinanze. Per l'isolamento sono stati impiegati dei pannelli recuperati da un vicino edificio commerciale in via di demolizione. È tuttavia la facciata, rivestita in tavole di legno intervallate da sottili fasce in acciaio, a rappresentare l'esempio forse più indovinato di *superuse* (fig. 5.3) Le assi provengono da circa 500 bobine per avvolgere i cavi elettrici che una vicina impresa aveva dismesso e delle quali intendeva disfarsi, ottenute per tale ragione in via gratuita. Ciascuna di esse ha permesso di ricavare circa 30 tavole dal tamburo, svitando le sei barre filettate che connettono i due elementi circolari (fig. 5.4). Le tavole possiedono la medesima dimensione, non presentano ulteriori giunzioni metalliche, sono integre e pulite poiché erano riparate dal cavo





Fig. 5.3 e 5.4. Rivestimento esterno di villa Welpeloo e disassemblaggio del tamburo delle bobine per ricavarne le assi in legno di conifera (Allard van der Hoek, Superuse Studios)

stesso, tuttavia essendo di legno di conifera sono state trattate per l'applicazione in esterno. All'interno dell'edificio vi sono arredi ricavati da segnali stradali, lampadari realizzati impiegando gli scheletri di vecchi ombrelli regalati dagli abitanti del quartiere, nonché un montacarichi a connessione dei due piani, lo stesso impiegato durante l'assemblaggio del telaio strutturale in acciaio.
La produzione di Superuse Studios non si limita ai progetti di edifici, ma comprende l'implementazione di strategie di reimpiego anche negli spazi urbani. Se nel caso di villa Welpeloo la scelta di compiere uno *scouting* delle risorse materiali disponibili ha seguito l'incarico da parte di una committenza, in altre occasioni può avvenire, al contrario, di incappare inaspettatamente in alcuni

14 - https://www.theplan.it/eng/architettura/villa-welpeloo [09.2020].

elementi disponibili, la peculiarità dei quali diventa forza generatrice di un nuovo progetto.
Questo è ciò che è avvenuto nel caso di Wikado (Rotterdam [NL], 2007) e Re-wind@Willemsplein (Rotterdam, 2012), realizzazioni nelle quali gli elementi di reimpiego, nonostante possano apparire di scarsa afferenza alla sfera architettonica, hanno dimostrato di assolvere in modo egregio alle funzioni richieste. Grazie alla resistenza agli elementi atmosferici, alla struttura rigida e alle forme che consentono un design organico e interessante, lame e rotori di pale eoliche in disuso hanno dimostrato di fornire degli spunti idonei per progettare un'area giochi e una struttura di arredo urbano. Realizzato per la fondazione "Kinderparadijs Meidoorn", Wikado[15] è l'esito della ristrutturazione del parco giochi esistente ed è progettato allo scopo di incoraggiare l'immaginazione, l'interazione sociale e la creatività dei bambini (fig. 5.5). Una delle lame è stata mantenuta nella sua dimensione originaria di 30 m, mentre le altre quattro, divise in più porzioni, sono state utilizzate per delimitare lo spazio centrale e al tempo stesso per connettere i quattro segmenti cilindrici, dal diametro maggiore, posizionati verticalmente a fungere da "torri". Il diametro degli elementi arriva a 140 cm, permettendo ai bambini di poterli percorrere anche all'interno, mentre degli scivoli e una rete da arrampicata consentono ulteriori attività all'esterno. Nel caso di Re-wind @ Willemsplein[16], la richiesta dell'amministrazione era quella di sedute pubbliche dalla elevata durabilità, ma che potessero essere rimosse temporaneamente quando necessario. Il progetto trasforma nove pale eoliche, lunghe circa 6 m e dirette allo smaltimento, in arredo urbano, imbullonandole a dei prismi di calcestruzzo di circa 1 mc ciascuno. Delle nove lame, cinque fungono da seduta, tre da schienale e una da landmark. Il progetto ha curato in modo particolare le necessità ergonomiche delle sedute, che hanno una profondità variabile tra i 30 e gli 80 cm (fig. 5.6).





Figg. 5.5 e 5.6. I differenti utilizzi delle pale eoliche nei progetti di Wikado e di Re-Wind @ Willemsplein (Superuse Studio, Dennis Guzzo)

Rotor

Un secondo gruppo di progettisti che da tempo studia le dinamiche del mercato del reimpiego edilizio europeo è Rotor absl[17] (Bruxelles), organizzazione no profit (*association sans but lucratif*) fondata nel 2005 sulla base di un comune interesse circa lo studio dei flussi materiali nell'industria delle costruzioni.
Il gruppo di lavoro si occupa in parallelo di attività professionale e di ricerca, combinando progettualità e i temi di risorse materiali, scarti e reimpiego, come già dimostrato dalla loro partecipazione alla Biennale di Venezia del 2010 con l'allestimento *Usus/Usures* per il padiglione belga. Il progetto espositivo mirava a sollevare la tematica della trasformazione dei materiali nel corso della fase d'uso dell'ambiente costruito, collegando temi quali durabilità e patina, fruizione

15 - https://www.superuse-studios.com/projects/wikado/ [09.2020].
16 - https://www.superuse-studios.com/projects/rewind-willemsplein/ [09.2020].
17 - I sei fondatori del collettivo, che negli anni ha visto un notevole incremento di componenti, sono Tristan Boniver, Lionel Devlieger, Maarten Gielen, Michaël Ghyoot, Benjamin Lasserre e Melanie Tamm.

e funzione, degrado e manutenzione. Presentando in modo decontestualizzato alcune porzioni di questi elementi (fig. 5.7), talvolta soggetti a un'astrazione nel corso del processo progettuale, l'esposizione li dotava di una efficace e "usurata" matericità, dimostrando come

> un materiale da costruzione e le tracce di usura che presenta sono indissociabili. Un materiale esposto all'uso riporta necessariamente delle tracce di usura e dovrebbe, dunque, essere immaginato in tal modo. Poiché l'usura non può essere separata dal materiale, essa diventa parte della definizione propria del materiale (Rotor, Ariane d'Hoop e Benedikte Zitouni, 2010)[18].

L'attività di ricerca del collettivo si avvale, sin dalla fondazione, di un dialogo attivo con gli attori del mercato locale delle costruzioni e di un partenariato con altri professionisti che operano nel medesimo settore, al fine di incentivare la circolarità di prodotti e componenti in edilizia. Tale rete collaborativa si è estesa di recente anche a livello internazionale, con la costruzione di progetti di ricerca finanziati da fondi europei[19].

La sempre più approfondita conoscenza delle dinamiche proprie dei processi di reimpiego ha permesso al collettivo di avviare nel 2016 uno *spin-off*, la società Rotor DC (*Deconstruction*), ramo autonomo rispetto all'associazione. Le esperienze progettuali condotte a Bruxelles avevano infatti visto, inizialmente, i professionisti stessi intraprendere in prima persona attività di *scouting* e di decostruzione di fabbricati per recuperare – e in seguito valorizzare nelle loro realizzazioni – elementi edilizi di riuso. La selezione di componenti appropriati richiede di essere compiuta con consapevolezza, sulla base di molteplici fattori tra cui costo di estrazione, stato di conservazione, durabilità, facilità di integrazione e valore funzionale o simbolico. È quindi necessario "tenere in considerazione questi parametri nel momento in cui si compie un sopralluogo dell'edificio per decidere cosa preservare e cosa lasciare nelle mani dei demolitori" (Devlieger, 2017).



Fig. 5.7. Una delle sale di Usus/Usures (Eric Mairiaux)

La crescente mole di tali attività, unita a una mappatura sempre più dettagliata degli attori coinvolti in ambito regionale[20], ha dunque gettato le basi per la nascita di una società volta specificatamente alle operazioni di decostruzione degli edifici. Queste non riguardano esclusivamente il recupero di prodotti e componenti, bensì includono la loro preparazione per il riuso e la seguente re-immissione nel mercato, ovvero la vendita. Data la loro intrinseca complementarietà, Rotor asbl e Rotor DC, seppur indipendenti, si trovano a collaborare in diversi progetti. Il collettivo si occupa sia di progettazione che di consulenza ad altri progettisti interessati alla preservazione di prodotti e componenti edilizi e trae per tali ragioni notevoli vantaggi dal coinvolgimento di una società specializzata nel recupero di

18 - Testo tratto da uno dei volantini dell'esposizione, curata dai progettisti insieme ad Ariane d'Hoop e Benedikte Zitouni. https://rotordb.org/en/projects/ususures [09.2020].

19 - Tali attività sono approfondite nel paragrafo 5.3.1.

20 - Esito di questa attività sarà Opalis, la piattaforma di incontro domanda-offerta di prodotti e componenti edilizi di reimpiego descritta nel paragrafo successivo.

questi elementi dai fabbricati in via di demolizione.
La maggior parte dei progetti in cui Rotor è coinvolto tratta interventi di ristrutturazione di edifici.
Uno di questi nasce dalla collaborazione a lungo termine con Zinneke, associazione culturale di Bruxelles, stretta nel 2015 con l'obbiettivo di rinnovare la nuova sede dell'organizzazione grazie a un finanziamento europeo (bando FESR). La ristrutturazione dell'edificio storico mira a massimizzare gli elementi riusati, provenienti da origini diverse, sia negli spazi interni che nella creazione di nuovi distributivi e nelle facciate.
Ciò richiede inoltre che, di volta in volta, siano valutati scenari alternativi per le procedure amministrative necessarie per inquadrare il reimpiego nell'ambito degli appalti pubblici[21] (figg. 5.8 e 5.9).
Un secondo recente intervento, svolto in forma di consulenza ai progettisti incaricati dello studio V+, è quello per il *Mode and Design Brussels* (MAD). Esito di un concorso di architettura, il progetto concerne la trasformazione di un complesso esistente, destinato a magazzino e uffici, in una nuova sede per gli enti attivi nella promozione del design e della moda di Bruxelles. Contrariamente a quanto suggerito dal bando di concorso, il progetto di V+ e Rotor non prevede la demolizione del fabbricato esistente, bensì fa uso di questo volume e delle risorse materiali già disponibili in situ. Imparando, in un certo senso, "ad ascoltare l'edificio" le "decisioni immediate e intuitive su cosa preservare e cosa no"[22] acquisiscono una forma spontanea. Uno degli ultimi progetti che vede Rotor impegnato nella consulenza è quello delle Multi Tower, rilevante ristrutturazione di un edificio direzionale nel centro di Bruxelles, risalente agli anni Sessanta e nota come Torre Philips o Torre Brouckère[23]. Whitewood (sviluppatori immobilari) e Conix RDBM (progettisti) avviano il progetto nel 2016, avvalendosi dell'esperienza di Rotor per raggiungere un target di riuso degli elementi pari al 2% in peso, obbiettivo che vede impegnati sia il collettivo che la società di decostruzione. La gestione circolare di prodotti e componenti (in situ e non), intende contribuire a un'operazione di rinnovo dell'immagine dell'edificio che non ne faccia scomparire completamente la materialità originaria, ma incoraggi "una riconciliazione tra l'edificio e la città"[24].





Figg. 5.8 e 5.9. Una sala interna del centro Zinneke con i materiali raccolti prima dell'inizio dei lavori, allestita per le potenziali imprese di costruzione, e i telai di seconda mano per le vetrate della facciata posteriore (Rotor)

21 - https://rotordb.org/en/projects/feder-zinneke-masui4ever [09.2020].

22 - "*A metamorphosis. The MAD building story*" (Jonathan Ortegat, 5'30", 2017). Corto al quale i progettisti Jörn Aram Bihain (V+) e Melanie Tamm (Rotor) contribuiscono con il racconto delle proprie esperienze in merito all'ideazione e alla realizzazione del progetto. https://vimeo.com/216830749 [09.2020].

23 - La ristrutturazione della Brouckère Tower sarà trattata in modo più approfondito dal punto di vista del reimpiego di elementi e delle motivazioni alla base delle scelte progettuali nelle schede del capitolo 8.

24 - https://rotordb.org/en/projects/multi-brouckere-tower [09.2020].

Lendager

Negli ultimi anni lo studio di architettura fondato da Anders Lendager a Copenaghen ha conosciuto una notevole celebrità, nonché la conseguente espansione in termini di attività e organico[25], grazie alla realizzazione di alcuni progetti improntati all'*upcycling*[26] dei materiali da costruzione. Al fine di implementare i principi circolari nelle proprie realizzazioni, infatti, questi progettisti di prendono in considerazione tutte le possibili applicazioni dei materiali di scarto dei quali individuano, di volta in volta, la disponibilità. Ne è esempio la *Upcycle House* (Nyborg [DK], 2011-2013), edificio residenziale di un piano ideato e costruito in ambito sperimentale. L'abitazione è studiata per ospitare una famiglia di quattro persone, tuttavia il distributivo presenta una flessibilità tale da permettere l'adattamento a configurazioni differenti nel tempo. All'obbiettivo progettuale di limitare i consumi energetici da parte dell'edificio nella fase d'uso è stato coniugato "il consumo di energia e risorse dettato da produzione e trasporto dei materiali edilizi, considerato nella prospettiva dell'intero ciclo di vita dei prodotti"[27] al fine di conseguire la minima impronta di CO_2 possibile. Per questa ragione, la costruzione integra – come indicato dal nome – materiali riciclati o riusati[28]. Parte della struttura è formata da due container di riutilizzo (figg. 5.10 e 5.11), intesi non come unità autonome ma come elementi costruttivi, "la cui struttura cava può essere usata come parte della disposizione spaziale"[29]. Questo significativo esempio dimostra come la scelta di riutilizzare elementi dotati di caratteristiche a un primo sguardo vincolanti, se adottata valutandone le potenzialità, possa garantire un buon grado di flessibilità nell'utilizzo degli stessi. La *Upcycle House* può essere considerata il prototipo delle sperimentazioni di Lendager relative alla circolarità come strumento a supporto della sostenibilità edilizia. Due dei loro successivi





Figg. 5.10 e 5.11. I container installati in fase di cantiere e l'edificio completato (Lendager Group)

25 - Il Lendager Group è ora composto di tre rami differenti: Lendager ARC, legato alla progettazione architettonica, Lendager UP, attivo nella sperimentazione del reimpiego di materiale derivante da attività di C&D, Lendager TCW (*The Circular Way*) dedito invece alla consulenza alle imprese in ambito di economia circolare.

26 - Come già trattato nel paragrafo 2.1.2, questo concetto, è comunemente associato in vari contesti sia ai prodotti che non ai materiali e non possiede una definizione univoca. In tal senso si rimanda alla nota 15 del secondo capitolo per approfondimenti relativi alle scelte di utilizzo di questo termine nel presente lavoro. Nel contesto dello studio Lendager, il termine *upcycling* è impiegato dagli stessi progettisti – e viene riportato in questa sezione con la medesima accezione da loro impiegata – per indicare processi differenti: di riciclo, di "effettivo" *upcycling*, di reimpiego.

27 - https://lendager.com/en/architecture/upcycle-house-en/ [09.2020].

28 - Tra questi figurano il riuso di profilati di acciaio, assi di legno, pannelli OSB e fondazioni puntiformi (pali a vite), mentre altri materiali derivano dal riciclo della carta (isolamento, pannelli di rivestimento), del legno (travetti del solaio), del laterizio (mattoni), della plastica (pannelli di rivestimento), del vetro (piastrelle di pavimentazione).

29 - Ibid.

interventi riprendono questo concetto in modo più approfondito e a una scala maggiore. Entrambi sono collocati nel quartiere di Ørestad Syd, dibattuto[30] sviluppo urbano prevalentemente residenziale ubicato ai margini meridionali della città di Copenaghen. *Upcycle Studios*[31] e *Resource Rows*[32], entrambi esito di concorsi di progettazione, presentano la medesima attenzione alla gestione delle risorse materiali manifesta nella Upcycle House. Essi hanno inoltre rappresentato un banco di prova per le attività di *scouting*, dato che i progettisti hanno effettivamente fatto affidamento sulle risorse disponibili al momento della progettazione e realizzazione.

Figg. 5.12 e 5.13. Dettaglio dei fronti vetrati degli Upcycle Studios e l'involucro eterogeneo delle Resource Rows (Elisa Zatta)





Gli *Upcycle Studios* (2015-2018) sono delle unità a schiera di tre piani ideate per una utenza differenziata. Nonostante siano nate come *studio*, ovvero come abitazioni per *freelance* dotate di un locale per ufficio o laboratorio, esse sono adattabili per nuclei familiari o frazionabili in due appartamenti diversi. L'impianto planimetrico intende rompere la rigida disposizione dei lotti del quartiere, che si allungano ordinatamente in direzione est-ovest, attraverso la rotazione dei volumi in diagonale rispetto alla direttrice principale. Ciascuna delle unità è caratterizzata da un ampio fronte vetrato a doppia altezza sul prospetto meridionale, coronato superiormente da un volume a sbalzo rivestito di assi di legno scure (fig. 5.12). Le porzioni vetrate, composte dall'assemblaggio di telai eterogenei per forma e dimensioni, sono l'elemento distintivo di questo progetto per via dell'unicità di ciascuna di esse, rappresentando il "manifesto" degli obbiettivi circolari dell'intervento. Il 70% dei vetrocamera utilizzati proviene da edifici di un complesso in ristrutturazione nel nord del Paese, ciascuno dei quali è inserito in un nuovo telaio e composto nel disegno complessivo del fronte. A ciascuna parete vetrata esterna di riuso ne è accoppiata una nuova interna, al fine di soddisfare i requisiti energetici danesi. Per le porzioni in calcestruzzo a vista, i progettisti impiegano 1400t di aggregato riciclato ottenuto dai lavori della vicina metropolitana. I rivestimenti in legno interni ed esterni provengono dagli scarti di produzione di un'azienda locale.

Il complesso *Resource Rows* (2015-2019), collocato qualche isolato più a nord del precedente, è invece una costruzione il cui sedime racchiude una corte centrale percorrendo il perimetro del lotto e la cui altezza varia tra i tre piani dei lati più lunghi e i cinque dei fronti est e ovest. Il progetto ha perseguito l'obbiettivo di far il migliore uso possibile delle risorse materiali disponibili, manifestando tale risultato nei prospetti: l'involucro è composto dall'accostamento di porzioni di murature di reimpiego, ciascuna delle quali differente dalle contigue per colore, orientamento dei corsi, dimensione e forma (fig. 5.13). Per l'approvvigionamento, i progettisti si sono serviti di alcuni edifici in via di demolizione (ex-birrerie,

30 - Questo aspetto viene dettagliato nel capitolo 8.

31 - https://lendager.com/en/architecture/upcycle-studios-en/ [09.2020].

32 - https://lendager.com/en/architecture/resource-rows/ [09.2020].

scuole, edifici industriali) dalle cui chiusure verticali hanno segato questi elementi, componendoli poi all'interno di pannelli modulari chiusi da una cornice in acciaio e rinforzati posteriormente da un getto di cemento. Rispetto al reimpiego di singoli elementi laterizi[33], questo metodo mantiene intatta la materialità originaria delle murature di riuso, dando una efficace risposta alla domanda dei progettisti stessi "*what if we could create homes with history?*"[34]. Oltre alla circolarità delle risorse materiali, il progetto ha curato con attenzione anche l'efficienza energetica per mezzo della realizzazione di un involucro adeguato, il riutilizzo delle acque piovane per usi non potabili.

5.2.3. Il ruolo dei database per l'incontro domanda-offerta degli elementi di riuso

Le esperienze illustrate nel paragrafo precedente dimostrano come le pratiche di *urban mining*, in particolar modo quelle volte al reimpiego degli elementi, incontrino degli ostacoli nella loro implementazione. Da un lato, le strategie circolari rappresentano una evidente attrattiva per i professionisti sensibili alle tematiche ambientali, principalmente per via della crescente consapevolezza degli impatti "nascosti" delle risorse materiali impiegate nelle costruzioni. Dall'altro, come ogni pratica dal carattere sperimentale e innovativo, non sono immediatamente condivise da parte di tutti gli attori del settore, mancano spesso di una codificazione normativa e, soprattutto, di circostanze che ne permettano un'agevole replicabilità. Queste problematiche si dimostrano acuite in un settore, come quello edilizio, le cui pratiche consolidate sono poco inclini all'introduzione di innovazioni processuali al di fuori di quelle dettate da una normativa sempre più stringente cui è obbligatorio ottemperare (come avvenuto negli scorsi decenni in ambito energetico). Nonostante la gestione efficiente delle risorse sia una priorità condivisa a tutti i livelli politici e legislativi[35], considerare il capitale artificiale a fine vita quale risorsa disponibile e "sbloccarne" il potenziale perché torni a essere utile nuovamente (Lendager e Vind, 2018), è uno scopo indubbiamente condivisibile che può tuttavia sembrare difficilmente verosimile. La principale problematica, come descritto nel paragrafo 5.2, è rappresentata dalla notevole "imprevedibilità del giacimento" a disposizione, dal quale possono essere ricavate le risorse in base alle circostanze specifiche di ciascun intervento. Si tratta di una tematica inerente non solo alla quantità e qualità dell'offerta, bensì anche a tutti gli altri processi di approvvigionamento: gestione, stoccaggio, lavorazione e trasporto dei materiali e degli elementi recuperati. È dunque evidente come attivare di volta in volta questa procedura senza una rete di supporto esistente richieda una mole di lavoro considerevole e una non comune capacità organizzativa da parte dei progettisti e degli altri operatori coinvolti. Tali circostanze hanno determinato la nascita di alcune piattaforme dedicate alla realizzazione dell'incontro tra domanda e offerta degli elementi edilizi "di seconda mano", che consentono ai progettisti o ai privati di mettersi in contatto con i fornitori, analogamente commercianti o privati.
La prima di queste è stata avviata nel 1994 dalla Salvo Ltd, impresa fondata tre anni prima da Thorton Kay e Hazel Matravers nel Regno Unito e il cui database

33 - La separazione dei quali è in ogni caso resa difficoltosa dal diffuso impiego di leganti cementizi negli edifici costruiti a partire dal Secondo dopoguerra, come quelli da cui provengono le frazioni di muro utilizzate.

34 - https://lendager.com/en/architecture/resource-rows/ [09.2020].

35 - Si ricorda, a titolo di esempio, l'introduzione della percentuale minima di materiale riciclato o recuperato illustrata nei Criteri Ambientali Minimi (capitolo 3).

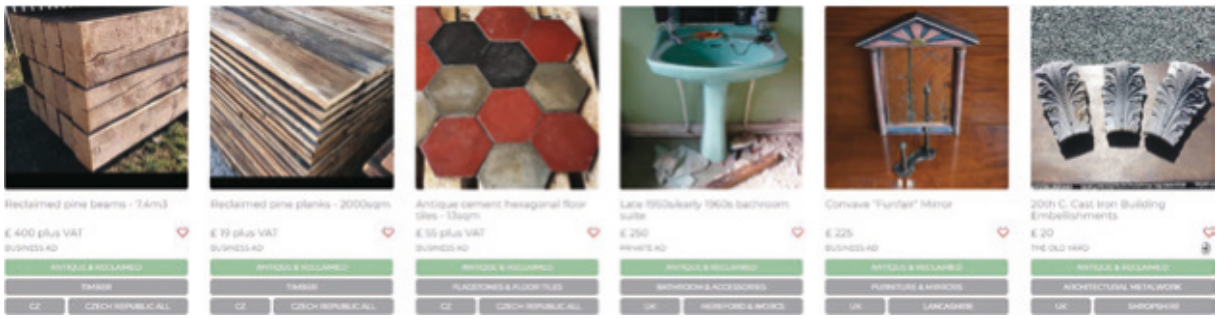


Fig. 5.14. Alcuni esempi delle inserzioni dal carattere eterogeneo presenti su Salvoweb [11.2020]

digitale copre al giorno d'oggi una eterogenea varietà di prodotti dislocati in 40 Paesi[36]. La *directory* è orgogliosamente descritta sul sito web come "la più fornita a livello mondiale di beni architettonici di recupero e di antichità", delineando in questa definizione la capacità di coprire un vasto e composito spettro di categorie merceologiche. La piattaforma esula dalla sfera puramente costruttiva dell'edilizia, includendo, oltre a "materiali edilizi recuperati tra cui mattoni, lastricati, pavimentazioni, manti di copertura, pietre, legno strutturale, pavimentazioni in legno", anche elementi di arredo, decorativi per interni ed esterni, modernariato e antichità, come esemplifica la figura 5.14.

La struttura del database permette anche di compiere una ricerca filtrando i risultati in base ai rivenditori e alle figure definite "*reclamation friendly*" coinvolte nell'ambito architettonico (progettisti, costruttori e artigiani).

Questo tipo di piattaforma, punto di riferimento del mercato per via di vastità e longevità, si rivolge in modo evidente a un pubblico non prettamente specialista. Inoltre, costituendo una sorta di *online store* che non individua nell'ubicazione degli elementi un fattore determinante, si dimostra inadatta all'utilizzo nel perimetro ristretto dello *urban mining*. Ciò nonostante, essa rappresenta un esempio "pionieristico" in merito all'agevolazione dell'incontro domanda-offerta nella sfera del riuso.

Conoscitori in prima persona delle problematiche e delle esigenze che emergono nei rispettivi contesti locali, sono gli stessi *practitioner* a sviluppare strumenti capaci di supportare in modo efficace le loro strategie progettuali, traslando l'immediatezza di un database in forma di *marketplace* su piattaforme specialistiche e geo-referenziate. È il caso della *harvestmap*[37], sviluppata da Superuse Studios, e di Opalis[38], prodotta e incrementata da Rotor nel contesto di due progetti europei[39].

La prima nasce nel 2012 sull'onda delle necessità dei progettisti stessi, che prediligono un approccio progettuale improntato al *sourcing* entro un raggio limitato dal sito di cantiere, come dimostrato dalle scelte adottate per villa Welpeloo. Sviluppata a partire dall'area di Rotterdam, la piattaforma censisce i prodotti disponibili nei Paesi Bassi, tuttavia Superuse Studios ha recentemente

36 - https://www.salvoweb.com/ [09.2020]. Gli Stati in base ai quali è possibile filtrare la ricerca sono 22, tra cui l'Italia.

37 - https://www.oogstkaart.nl/ [09.2020].

38 - https://opalis.eu/en [09.2020].

39 - Il primo di questi, *Le Bâti Bruxellois Source de nouveau Matériaux* (BBSM), è un FESR 2014-2020 sviluppato nell'area metropolitana di Bruxelles, mentre *Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements in Northwestern Europe* (FCRBE), è un Interreg 2018-2022. Entrambi i progetti saranno descritti in modo approfondito nel paragrafo 5.3.1, relativo alle linee di ricerca internazionali e italiane sul tema della circolarità delle risorse in edilizia.

avviato delle collaborazioni con altri attori europei per attivare analoghi strumenti in sette Paesi, tra i quali l'Italia[40]. Il database mette in contatto tra di loro progettisti, rivenditori e soggetti privati, i quali possono filtrare le proprie ricerche in base a quattro opzioni diverse: per categoria di prodotto, per materiale, per raggio di distanza dal sito di interesse, direttamente da mappa.



Fig. 5.15. Schermata della piattaforma web Harvestmap che inquadra l'area dei Paesi Bassi [09.2020]

I prodotti sono differenziati tra rifiuti da costruzione e demolizione, invenduto, fine vita, scarti di produzione e prodotti sostenibili. I materiali inventariati sono invece legno, plastica, tessuti, metalli, ferro, vetro, elettronico, pietra, prodotti chimici, prodotti naturali, carta e cartone. La geo-referenziazione sulla mappa (fig. 5.15) permette di individuare il prodotto di interesse, per risalire successivamente ai potenziali venditori.

La seconda piattaforma, Opalis, nasce anch'essa nel 2012 grazie al lavoro del team di Rotor asbl[41], la quale avvia il *sourcing* a partire dalla regione della capitale belga (fig. 5.16). A seguito della progressiva implementazione, il censimento copre attualmente prodotti collocati in altri due contesti nazionali, Paesi Bassi e Francia, oltre a raccogliere i dati di progettisti, rivenditori e artigiani attivi nel settore, permettendo anche a privati di entrare in contatto con loro. La ricerca può avvenire attraverso due differenti filtri, individuando il rivenditore direttamente dalla mappa, per poi consultarne le offerte, oppure attraverso una ricerca per sezione e categorie materiali. Questi

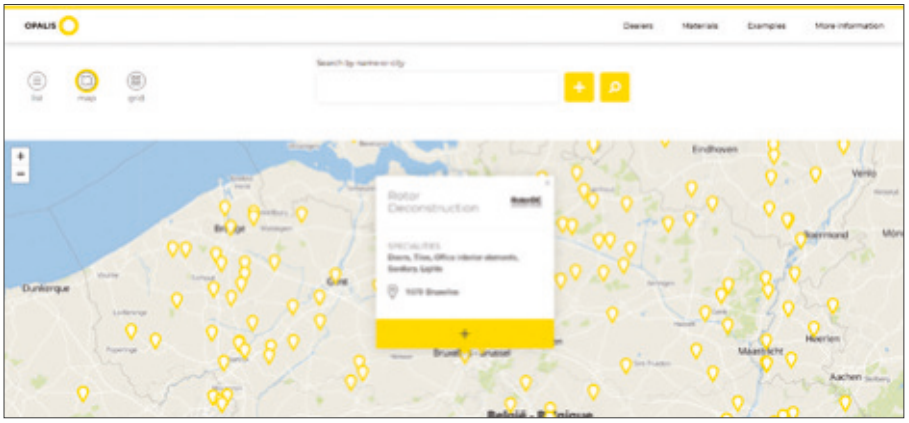


Fig. 5.16. Schermata della piattaforma Opalis, ove è (naturalmente) censita tra i fornitori anche Rotor DC [09.2020]

40 - Il progetto, promosso da César Peeren di Superuse Studios, è stato avviato nel 2017 con una mappatura a partire dall'area di Milano e con un workshop tenuto nei pressi del lago di Como. Il team di lavoro comprende Elisa Saturno, César Peeren, Mel Feldmuller, Raffaella Nigro, Angela Panzeri, Stefano Napoli, Daniel Romano, Delfina Villa Graziani Bandiera, Paola Altamura, Karolina Czyzewska. Il portale Harvest Map Italia, ancora in fase di sviluppo, ha il sostegno dall'Ambasciata Olandese, della Fondazione Aem e il patrocinio dell'ordine degli Architetti di Milano. https://re-use.eu/2019/01/11/harvest-map-milan-report/ [09.2020].

41 - Il progetto è stato portato avanti in più fasi con il supporto di: *Bruxelles Environnement*, *Duurzaam Materialen- en Energiebeheer Fund*, la Regione di Bruxelles Capitale nell'ambito del Programma Regionale per l'Economia Circolare (PREC), OVAM nel quadro di *Vlaanderen Circulair*, ADEME [FR] e la Regione *Île de France*. A partire dal 2019, contribuiscono all'ampliamento del censimento anche le associazioni *Bellastock* e *Les Aventuriers du Sixième Continent* all'interno del progetto europeo FCRBE (Interreg NWE). https://opalis.eu/en/about [09.2020].

ultimi sono divisi in: pavimentazioni; struttura e involucro (strutture in legno, soglie gradini e davanzali; isolanti; elementi di copertura); carpenteria (porte e serramenti); finiture (pietra, parquet, rivestimenti in legno); impianti (sanitari, impianti, corpi illuminanti, radiatori); oggetti decorativi (antichità, ferro battuto, caminetti). Le sezioni possiedono solamente una funzione orientativa per la ricerca, mentre le vere e proprie categorie materiali sono quelle che forniscono il *tag* per il rivenditore.

5.3. Principali linee di ricerca in ambito internazionale e nazionale

5.3.1. Stato dell'arte della ricerca europea

A partire dai primi anni Duemila, diversi progetti di ricerca affrontano il tema dell'efficienza delle risorse materiali in edilizia attraverso il loro recupero e reimpiego. Anticipando notevolmente la popolarità dell'economia circolare[42], queste ricerche superano una concezione del fine vita del patrimonio edilizio volta esclusivamente al riciclo per introdurre, al contrario, una visione orientata a una maggiore valorizzazione dei prodotti e componenti recuperati dai fabbricati esistenti. Queste indagini prendono in esame, di volta in volta, diverse sfumature di una medesima tematica: la limitazione degli impatti ambientali comportati dalla gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione attraverso l'incentivo del loro riutilizzo. Un primo indirizzo di ricerca è quello che tratta le strategie progettuali volte a facilitare il futuro disassemblaggio delle costruzioni e la successiva re-immissione nella catena del valore di materiali ed elementi. All'interno di questo filone, alcune esperienze sperimentali coniugano al tema del *DfD* l'integrazione di materiali e componenti ottenuti dai prodotti di scarto in nuovi edifici. Un secondo indirizzo è invece quello che guarda al fine vita del costruito esistente, allo scopo di individuare e analizzare i processi, gli attori coinvolti e le sinergie da attivare per consentire agli elementi edilizi di poter essere reimpiegati nella loro integrità, coniugando in tal modo una gestione efficiente dal punto di vista ambientale e la preservazione delle loro caratteristiche formali.

Design for Disassembly e reversibilità

Esaminare la possibilità di materiali e componenti di essere riciclati o reimpiegati a fine vita equivale a valutarne, in questi termini, il potenziale (Sassi, 2004; Durmisevic, 2006). Oltre alla prestazione residua propria dell'elemento, tale potenziale è condizionato da diversi parametri che, se presi in considerazione nel corso della fase progettuale, ne determinano l'entità. Durmisevic et al. (2017) individuano due indicatori principali, indipendenza e sostituibilità, da valutare a più scale: dal livello dell'organismo edilizio a quello di singolo componente. La prima va ricercata "attraverso la separazione delle funzioni (…) e sviluppando moduli funzionali indipendenti", mentre la seconda "minimizzando la complessità e il numero di relazioni tra differenti elementi, nonché di tipo e morfologia delle connessioni". Applicando queste caratteristiche alla configurazione costruttiva è possibile orientare il progetto verso una facile "scomposizione" funzionale (a livello di elementi edilizi), tecnica (sistema costruttivo), fisica (facilità di smontaggio). Sono in particolar modo queste ultime due, grazie a scelte inerenti geometria, connessioni, sequenza di assemblaggio, gerarchie e rapporti tra il ciclo di vita

42 - Ricordiamo che il primo Piano d'Azione per l'Economia Circolare della Commissione Europea risale al 2015.

degli elementi, a determinare il potenziale di riuso dei componenti edilizi. Queste considerazioni evidenziano come un fattore chiave nelle strategie del *Design for Disassembly* sia "capire come gli edifici si comportino nel corso di tutte le fasi del ciclo di vita e a causa di quali agenti cambino" (Durmisevic, 2006). Questa strategia può essere potenziata da un approccio progettuale che intenda ottenere dei cicli materiali *closed-loop*, ovvero "una costruzione composta di materiali ed elementi edilizi che possano essere recuperati dagli edifici ed essere riciclati [e reimpiegati] all'infinito attraverso processi di tipo naturale o industriale" (Sassi, 2008). In tal modo, sarebbe possibile associare al potenziale di reimpiego quello di riciclo, ove non fosse possibile impiegare sistemi a secco per alcuni elementi edilizi o per alcune porzioni dei componenti disassemblati. Naturalmente, va tenuto in considerazione che, in base alle leggi della termodinamica, non è possibile realizzare dei processi di riciclo che non comportino delle dissipazioni di materiale, le quali andrebbero quindi preferibilmente minimizzate.

Il tema del potenziale di riuso edilizio è stato recentemente approfondito all'interno del progetto europeo *BAMB - Building As Material Banks* (Horizon 2020)[43], sviluppato da 15 partner provenienti da 7 Paesi Europei e attivi con differenti ruoli nella filiera edilizia, allo scopo di incoraggiare la transizione dell'industria delle costruzioni verso l'economia circolare. L'eterogeneità del network ha permesso un lavoro trasversale su sei tematiche specifiche:

a. passaporto materiali;
b. Reversible Building Design (RDB);
c. gestione dei dati, incluso BIM;
d. modelli di business;
e. politiche e standard;
f. casi studio e azioni pilota.

Due di questi argomenti, di seguito approfonditi, rappresentano degli aspetti rilevanti nell'ottica della gestione del costruito.

La reversibilità (b), ovvero la possibilità di "trasformazione degli edifici o di disassemblaggio dei loro sistemi, prodotti ed elementi senza danneggiarli" (Durmisevic, 2019a), rappresenta un importante *driver* per l'implementazione della circolarità in edilizia. In base alla definizione, il *RDB* si presenta come un approccio che include tra gli propri strumenti sia il *DfD* che il *DfC*, considerandoli alla luce del potenziale di riuso applicato a tre sistemi differenti tipi di reversibilità: spaziale, strutturale e materiale. Il progetto propone un protocollo per l'implementazione del *Reversible Design Building*, unendo "i principali criteri per la progettazione di edifici con componenti reimpiegabili a modelli di trasformazione delle costruzioni e a un set di principi e indicatori progettuali che individuano gli aspetti e le decisioni rilevanti per ciascuna fase" (Durmisevic, 2019a). Le prime tre parti del protocollo, relative agli obbiettivi del progetto, al contesto normativo e di mercato, a requisiti e scenari dalla fase d'uso al fine vita, gettano le basi per la valutazione del progetto in base a due elementi: la reversibilità spaziale e la reversibilità tecnica (fig. 5.17). La reversibilità spaziale viene esaminata per mezzo di quattro indicatori (dimensione, posizione del nucleo, disassemblaggio, capacità strutturali), mentre quella tecnica attraverso otto (indipendenza funzionale, sistematizzazione, relazioni di dipendenza, elemento base della configurazione, sequenze di montaggio e smontaggio, geometria e morfologia, connessioni, coordinamento del ciclo di vita degli elementi). I punteggi assegnati per ciascun

43 - https://www.bamb2020.eu/ [09.2020].

indicatore permettono, nella quinta e ultima parte, di compilare la matrice progettuale multi-criterio (*Multi-Criteria Design Matrix*). Obbiettivo di quest'ultima è valutare gli indicatori delle categorie spaziale e tecnica in relazione a qualità architettonica, funzionalità distributiva e trasformabilità, comfort, prestazione energetica, qualità dei materiali, facilità di costruzione, aspetti socio-culturali e costi.

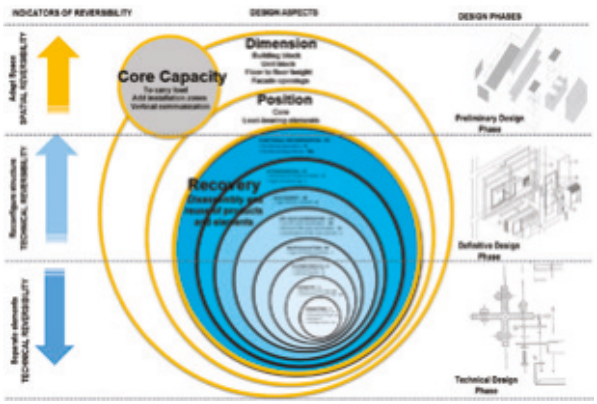


Fig. 5.17. Integrazione degli aspetti compositivi e tecnici della reversibilità nel "Reversible building protocol" (Durmisevic, 2019a)

Secondo importante tema affrontato da BAMB è quello del passaporto materiali (a), il quale, come anticipato al paragrafo 3.1, è strettamente connesso alla gestione digitale delle costruzioni (c). Considerato nella accezione comune, il passaporto è un "documento che dà facoltà al cittadino di allontanarsi dal territorio nazionale per entrare in quello d'un altro Stato o di più altri Stati"[44]. Ciò che permette il riconoscimento della sua veridicità all'estero è il fatto che esso sia "in grado di rappresentare e far conoscere un determinato fatto storico"[45], ovvero che documenti e attesti le caratteristiche identificative della persona cui è attribuito, contenuti che un altro Paese accetta come veritieri. Traslata in ambito edilizio, l'istituzione di un passaporto consentirebbe di documentare in modo approfondito ciascun materiale o componente integrato in una costruzione, attestandone le potenzialità residue una volta che l'edificio sia giunto a fine vita.

Inoltre, inserendo questi dati in un sistema informatico sarebbe possibile favorire una gestione più efficiente del fabbricato nel corso della fase d'esercizio, nonché effettuare un monitoraggio puntuale dei flussi di materiale che possono, potenzialmente, essere diretti a un'altra costruzione per essere reimpiegati (fig. 5.18).

Nel contesto del progetto BAMB, il passaporto materiali è definito come "un set

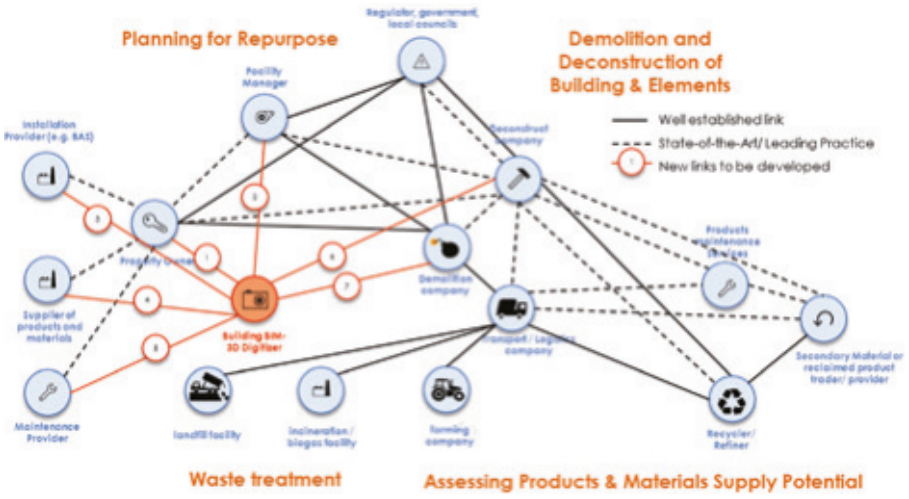


Fig. 5.18. Schema delle potenziali connessioni introdotte nel settore edilizio del reimpiego e riciclo con l'implementazione di passaporto e digitalizzazione (Debacker e Manshoven, 2016)

digitale di dati che descrive le specifiche caratteristiche di materiali e componenti in prodotti e sistemi che ne attestano il valore per l'uso attuale, il recupero e il

44 - http://treccani.it/enciclopedia/passaporto [09.2020].

45 - http://www.treccani.it/enciclopedia/documento/ [09.2020].

riuso" (Debacker e Manshoven, 2016)[46]. Le attività del gruppo di ricerca hanno permesso la creazione di più di 300 *Material Passports* (MP) da parte di imprese del settore, modellati su prototipo ideato dai partner di progetto in base a quelli esistenti sul mercato (Luscuere et al, 2019). I MP, implementati in una *Materials Passports Platform* (MPP), sono relativi a singoli prodotti (345), edifici (7) o "casi" (76), episodi in cui i prodotti possono essere connessi a un edificio, e presentano un formato di dati standardizzato relativo alla circolarità e ai requisiti sanitari degli elementi.
L'output integrato di RDB e MP mira a costruire un database informativo completo degli edifici. Questi dati, che vanno dalle informazioni di dettaglio dei singoli prodotti impiegati e di progetto alla valutazione dei sistemi costruttivi impiegati e del fabbricato, sono stati predisposti per essere gestiti da uno strumento informativo come il BIM.

Gestione delle informazioni
BAMB non è il solo progetto a sostenere l'importanza dell'"identità" di materiali e prodotti in edilizia. Anche l'impresa olandese ®Turntoo[47], fondata dall'architetto Thomas Rau e Sabine Oberhuber, ha ideato nel 2013 un sistema "in cui viene registrato un accurato inventario di tutti i materiali, componenti e materie prime utilizzati in un prodotto o un edificio, assieme alle informazioni sulla loro ubicazione" per dotare il materiale di "un'identità permanente" (Rau e Oberhuber, 2019). Lo studio di progettazione RAU ha applicato per la prima volta questo modello nella progettazione dell'ampliamento per il Comune di Brummen[48] (2011-2013). Tale approccio, come indicano gli autori, "cambia tutto" perché suggerisce che l'identità sia qualcosa di più di una somma di caratteristiche, bensì "qualcosa che non deve andare perduto e che perciò va protetto". Il passaporto materiali ®Turntoo, integrato in un sistema BIM, consente di dare forma digitale alla *urban mine* del futuro, trasformandola da imprevedibile giacimento a deposito del quale è nota la consistenza. A questo scopo, nel 2017 l'azienda ha realizzato il ®*Madaster*[49] (*Material Cadaster*), ovvero una banca dati online che documenta identità, ubicazione temporanea, valore economico e possibilità di riutilizzo[50] dei materiali edilizi di un fabbricato (fig. 5.19).
Le prospettive fin qui esaminate individuano nella riciclabilità e nella riusabilità

46 - Le EPD e le DoP possono essere considerate, data la loro natura informativa, dei passaporti materiali, insieme all'etichetta *Cradle to Cradle* e ad altre iniziative (Debacker e Manshoven, 2016).

47 - Turntoo è un modello di gestione delle risorse "basato sull'uso anziché sul possesso, in cui la responsabilità va di pari passo con la proprietà" (Rau e Oberhuber, 2019). Nasce nel 2010 a seguito delle esperienze condotte in prima persona dai due progettisti nelle scelte in favore del *product as service* compiute per l'illuminazione dello studio RAU Arkitecten. Come diffusamente raccontato nel volume *Material Matters*, in questo modello "il produttore sa che le conseguenze delle sue azioni saranno a carico suo: resta comunque proprietario del prodotto, e quindi dei materiali utilizzati per produrlo. In tal caso il produttore considera automaticamente il suo prodotto come un investimento per il futuro (…) Pertanto è suo diretto interesse realizzare un buon prodotto e in tal modo ridurre al minimo i costi per l'energia e le riparazioni. Inoltre, progetterà i prodotti in modo che dopo l'uso possano essere facilmente smontati per essere utilizzati nel ciclo successivo, si tratti dell'intero prodotto, dei suoi componenti o dei materiali di cui è costituito (…) se non lo facesse, distruggerebbe parte del proprio capitale".

48 - https://www.rau.eu/portfolio/gemeentehuis-brummen/ [09.2020].

49 - https://www.madaster.com/en/about-us [09.2020].

50 - Quest'ultima viene registrata attraverso un "indice di circolarità", che dipende dal grado con il quale si è tenuto in considerazione il successivo reimpiego dei prodotti utilizzati in un fabbricato. Tale indice influisce direttamente sul valore dei materiali, mirando a incentivare un orientamento progettuale che prediliga il DfD.

degli elementi dei parametri fondamentali per determinare la sostenibilità di un manufatto edilizio e, al contempo, favorire la transizione del settore delle costruzioni verso la circolarità. Tali premesse confermano l'importanza di approcci come il *Design for Deconstruction*, incoraggiando la progettazione di costruzioni che agevolino in modo diffuso il reimpiego di prodotti e componenti per più cicli di vita. È tuttavia di analoga importanza che sin da ora i rifiuti siano considerati come risorsa in un modo molto più efficiente di quanto viene convenzionalmente fatto attraverso le pratiche di *downcycling*, per favorire "un cambio di paradigma nel modo in cui impieghiamo le risorse verso una economia circolare di cicli chiusi e materiali puri" (Heisel et al., 2019a). Questo punto di vista è stato adottato nella progettazione e realizzazione del *Urban Mining and Recycling unit* (UMAR) [51], un modulo inserito dal 2017 nell'edificio sperimentale NEST[52] del campus dell'Empa (Laboratorio federale svizzero per la scienza e la tecnologia dei materiali) a Dübendorf, Svizzera. Progettato da Werner Sobek, Dirk E. Hebel e Felix Heisel, UMAR è composto di 7 moduli interamente prefabbricati e installati all'interno dell'edificio, per una superficie totale di 126 mq. La sigla "mette in relazione due strategie di acquisizione delle risorse e loro utilizzo (…) Mentre '*urban mining*' fa riferimento alla riattivazione dei materiali accumulati nell'ambiente urbano, che non erano stati specificatamente progettati per il riuso o il riciclo (di conseguenza '*mining*'[53]), '*recycling*' comprende tutti quei materiali che sono progettati per rimanere all'interno dei cicli tecnici o biologici al massimo del valore e della qualità. Seguendo il concetto secondo il quale 'i cicli non hanno inizio e non hanno fine', nell'unità sono stati usati materiali e componenti [provenienti] da varie fonti (e di conseguenza dal vario posizionamento nei cicli) – dalle risorse vergini, ai materiali riciclati ai prodotti reimpiegati" (Heisel et al., 2019b).

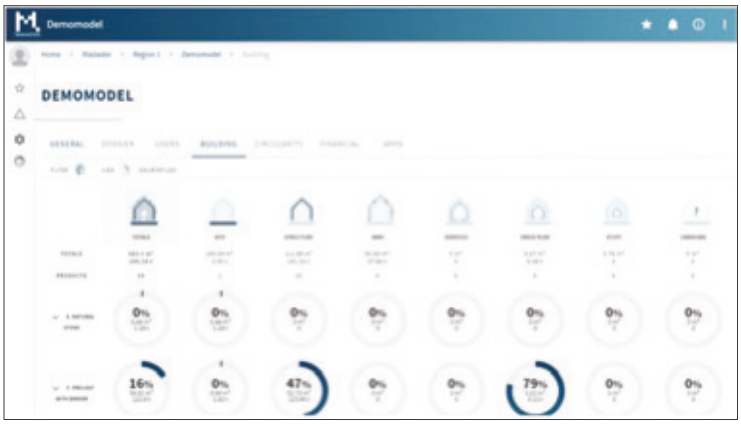


Fig. 5.19. Schemata dalla piattaforma Madaster [09.2020]

I principi sui quali si è basata la progettazione sono cinque:

a. DfD a tutte le scale (fig. 5.20);
b. separazione di materiali e nutrienti tecnici e biologici;
c. riuso, riciclo o compostaggio;
d. perseguimento della sufficienza nell'input materiale;
e. "*product as service*".

I materiali impiegati si dividono dunque in tre categorie differenti, a seconda del

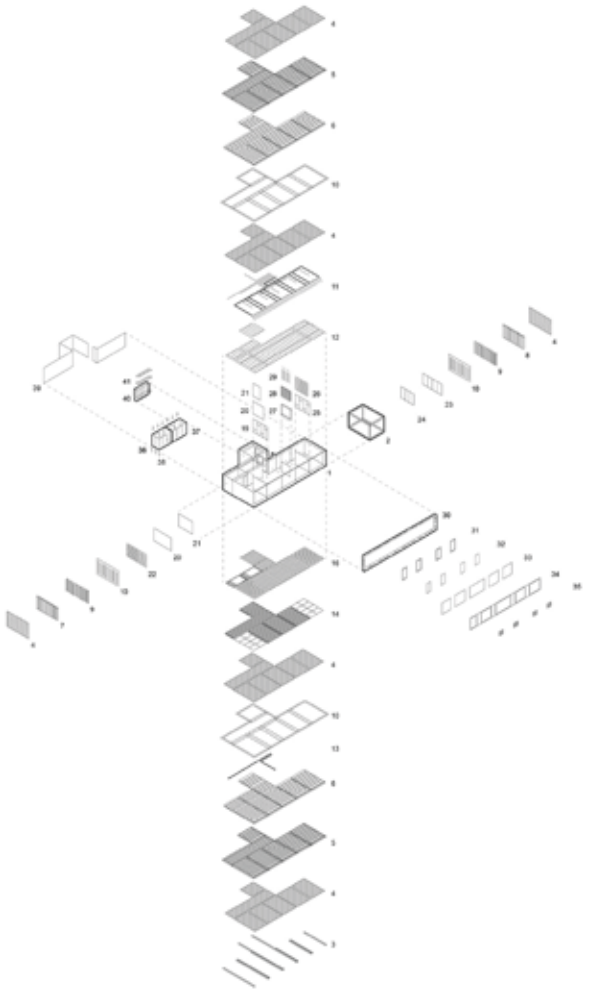
51 - http://nest-umar.net/ [09.2020].

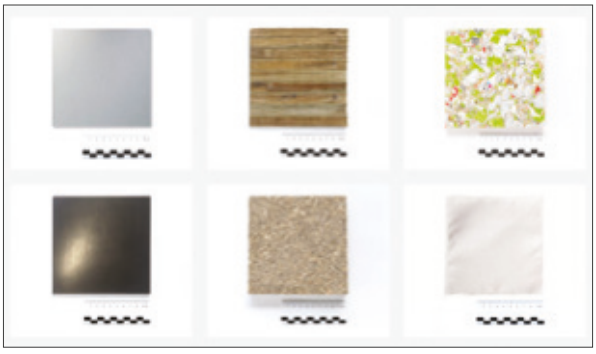
52 - Acronimo di *Next Evolution in Sustainable building Technologies*, è un edificio dedicato interamente alla ricerca e all'innovazione nel settore delle costruzioni, ove testare nuove tecnologie, materiali e sistemi per svilupparli e validarli in condizioni reali. La costruzione consiste di tre piattaforme aperte sovrapposte, connesse da un nucleo centrale, sulle quali possono essere installati i moduli sperimentali rimovibili (tra cui l'UMAR). http://nest-umar.net/portfolio/3701/; https://www.empa.ch/web/nest/ [09.2020].

53 - Questa accezione fa riferimento alla posizione di Rau e Oberhuber (2019) che distinguono la "miniera" dal "deposito". Quest'ultimo si differenzia dall'idea di giacimento poiché è noto nella sua composizione grazie a strumenti come il passaporto materiali. Secondo questo punto di vista, dunque, se il costruito urbano esistente è necessariamente una miniera di materiali, quello futuro sarà, auspicabilmente, un deposito degli stessi.

trattamento previsto a fine vita secondo il criterio (c). Gli elementi reimpiegati non costituiscono una porzione rilevante sul totale, limitandosi a delle maniglie recuperate dall'edificio della *Generale de Banque* a Bruxelles e fornite da Rotor DC secondo lo schema *product as service*. Con l'esclusione di alcuni materiali vergini, tra cui acciaio strutturale, rame, alluminio, legno (abete bianco e frassino), canapa e lana minerale (isolamento), gran parte di quelli utilizzati derivano da processi di riciclo e sono privi di VOC. Tra questi figurano: mattoni composti di rifiuti da C&D, ceramiche che fanno uso di scarti del vetro, pannelli di cellulosa o derivanti da contenitori di poliaccoppiato, fibre di cotone ottenute da scarti di denim impiegati come isolante, superfici in pannelli di plastica riciclata (fig. 5.21). I criteri progettuali adottati hanno permesso di ottenere un indice di circolarità pari al 96% secondo i parametri del ®*Madaster*. L'unità sarà in futuro disassemblata al fine di verificare come sarà effettivamente possibile reintrodurre i materiali utilizzati in questa "banca materiali dell'antropocene" (Heisel et al., 2019b) nei rispettivi cicli materiali.

Figg. 5.20 e 5.21. Esploso assonometrico dell'UMAR e alcuni dei prodotti impiegati (http://nest-umar.net/)





Al fine di comparare gli impatti ambientali delle scelte costruttive impiegate rispetto a quelli di tecniche convenzionali, è stata condotta un'analisi del ciclo di vita dell'unità (Kakkos et al., 2019). Sono stati eseguiti due confronti differenti: il primo, a scala di elemento tecnico, ha comparato tre di questi (chiusura verticale, partizione interna, solaio) con alternative edilizie convenzionali; il secondo confronto è stato invece condotto a scala edilizia, confrontando i tre moduli principali con un'unità di riferimento equivalente in termini di dimensioni, ma realizzata con sistemi tradizionali[54]. L'interesse nei confronti del potenziale espresso dai materiali circolari ha determinato un perimetro dei confini del sistema che nel primo caso *cradle to gate*, mentre nel secondo esteso alla fase d'uso ("sostituzione", "uso energia operazionale") e di fine vita. In ambedue le valutazioni UMAR dimostra di indurre degli impatti ambientali notevolmente inferiori rispetto alle alternative esaminate in tutte le categorie. I potenziali riciclo e reimpiego a fine vita dei materiali comportano esiti molto positivi anche nel caso del modulo D dell'analisi LCA. Questi dati appaiono ancor più positivi se si considera che "non

54 - L'UMAR è stato concepito per una vita utile di 5 anni, ciò nonostante per renderlo comparabile con l'edificio di riferimento è stato preso in esame un arco temporale di 60 anni, applicando un mix energetico svizzero medio per il riscaldamento. Questo ha determinato che, negli esiti della seconda comparazione, il peso dell'energia operazionale fosse considerevole e di entità molto simile per tutte le alternative esaminate, dato che "mentre l'input materiale (con l'esclusione di alcune sostituzioni) avviene una sola volta, il consumo di energia ha luogo ogni anno per l'intero periodo di sessant'anni" (Kakkos et al., 2019).

è stato preso in considerazione che l'unità UMAR sia costruita con materiali di scarto come input (cosa che avrebbe ridotto ulteriormente gli impatti dell'unità), ma [che] siano state invece utilizzate materie prime in partenza – una opzione dagli esiti conservativi per i risultati delle fasi di produzione A1-A3" (Kakkos et al., 2019).
Un approccio che prende in considerazione l'intero ciclo di vita di una costruzione permette dunque di progettarne la dismissione così da gestire ciascun elemento impiegato all'interno dei *loop* materiali più convenienti dal punto di vista di preservazione delle risorse, ma anche del loro valore e delle loro proprietà. Questo obbiettivo, come già osservato in altre circostanze, si dimostra molto più complesso se esaminato nella prospettiva dello stock edilizio corrente. Ciò nonostante, lo studio di una possibile gestione innovativa (e alternativa) dei rifiuti da costruzione e demolizione appare necessaria al fine di incentivare una gestione più efficiente delle risorse ricavabili dal capitale artificiale, in particolar modo in quello edilizio, e, in termini generali, più sostenibile.

Gestione circolare del costruito esistente
La demolizione di un edificio realizzato negli scorsi decenni non comporta solamente dei materiali da C&D di scarsa qualità uno scarso valore, risultanti in elevati costi ambientali, bensì spesso produce "perdita di coesione sociale e dei residenti" (Durmisevic, 2018). Partendo da questo presupposto, il progetto *Super Circular Estate* (*Urban Innovative Actions, UIA*)[55] mira a coniugare un obbiettivo di tipo ecologico, la circolarità dei materiali da costruzione, e uno di innovazione sociale, promuovendo una comunità partecipativa e una economia condivisa.
La prevista demolizione di alcuni blocchi residenziali multipiano (fig. 5.22) realizzati negli anni Sessanta nella municipalità di Kerkrade [Parkstad, NL], dovuta al forte decremento dei residenti, diventa il pretesto per "creare un ambiente urbano di qualità e delle opportunità di residenze a buon mercato sulla base di soluzioni estremamente innovative di ri-uso materiale" (Ritzen et al., 2019). Questo obbiettivo viene perseguito attraverso quattro principi cardine:

a. preservare il valore di edifici, sistemi e prodotti costruttivi, nonché dei legami sociali, introducendo i principi e le metodologie dell'economia circolare nel processo decisionale quotidiano;
b. supportare il settore e i *policymaker* grazie a risultati evidenti in merito all'approvvigionamento circolare dei materiali;
c. progettare, sperimentare e valutare le pratiche del riuso e riciclo al 100% nei progetti di demolizione che riguardano gli edifici multipiano in calcestruzzo (tecnologia del *tunnel formwork*)[56];
d. accrescere il consenso e l'adozione degli approcci circolari, influendo di



Fig. 5.22. Uno degli edifici multipiano oggetto della decostruzione finalizzata al recupero dei moduli strutturali (https://parkstad-limburg.nl)

55 - https://www.uia-initiative.eu/en/uia-cities/kerkrade [09.2020].

56 - Questo tipo di sistema costruttivo, che non si riscontra molto facilmente sul territorio italiano data la sua prevalente applicazione a costruzioni residenziali di notevole dimensione, è composto da elementi scatolari in calcestruzzo armato che costituiscono la struttura portante cellulare degli edifici. Tale sistema, adottato direttamente in situ, permette al costruttore di gettare nel giro di un giorno di lavoro, grazie all'impiego di una cassaforma "a tunnel", le pareti e il solaio superiore della cellula. Questa operazione rapida ed economica permette di ottenere un modulo completo al grezzo, le cui facciate libere sono chiuse

conseguenza sulla percezione delle persone e i loro comportamenti per renderle agenti attivi in un ambiente costruito circolare.

Per la complessa gestione delle attività, il partenariato di *Super Circular Estate* è forte della partecipazione di molte figure della filiera edilizia, tutte coinvolte sin dall'inizio della fase progettuale in uno schema che esula da quello di un progetto tradizionale[57]. Nonostante il progetto di reimpiego degli elementi recuperati sia redatto da uno studio di architettura, infatti, tutte le scelte sono prese in modo concertato con i progettisti dell'associazione di social housing, gli appaltatori, l'impresa di costruzioni, l'impresa di demolizione, nonché con la municipalità, la quale deve affrontare l'eccezionalità del progetto in termini normativi. Le attività hanno richiesto la conduzione di un audit pre-demolizione molto accurato per identificare il potenziale di riuso dei materiali e componenti identificati, classificato secondo tre livelli: riuso diretto, riuso indiretto (*remanufacturing*) e riciclo. Nella seconda categoria ricadono, per esempio, l'isolamento, i prodotti e materiali ricavati dai tamponamenti di facciata, le tramezze e le cornici delle porte interne, mentre parte dell'aggregato donato da un vicino cantiere di demolizione è reimpiegato per le fondazioni dei tre prototipi residenziali costruiti con i materiali di recupero. A seguito dell'audit, tutti i materiali o componenti sono stati catalogati e dotati di un passaporto digitale, con il duplice scopo di mapparne le caratteristiche e prestazioni e di consentirne la tracciabilità. Elemento rappresentativo del progetto è il reimpiego diretto delle cellule in calcestruzzo dell'edificio residenziale, che sono parte della struttura portante (fig. 5.23). Questo processo previene il tradizionale *downcycling* del modulo attraverso la frantumazione del calcestruzzo, si propone come replicabile e come uno strumento che tiene in considerazione l'elevata energia incorporata del calcestruzzo. Nonostante, come evidenziato da Ritzen et al. (2019), sia necessario apportare miglioramenti alle operazioni di rimozione delle cellule in calcestruzzo mediante segatura, le quali richiedono molta energia e manodopera e comportano quindi costi rilevanti, "l'applicazione di questa soluzione ottimizza il flusso materiale come parte di una economia circolare e riduce l'impatto ambientale dell'edificio [in cui il modulo è riusato]". I tre prototipi, edifici a un piano di metratura compresa tra i 75 e i 55 mq (fig. 5.24), presentano il riuso della struttura cellulare con funzione portante e reimpieghi di volta in volta diversi degli altri materiali recuperati. Queste scelte sono state accompagnate da valutazioni dei benefici, sia ambientali che economici, delle possibili opzioni (Durmisevic, 2019b).

Dal punto di vista del costo di costruzione al metro quadrato, la scelta di utilizzare



Fig. 5.23. Un'immagine del momento della rimozione di uno dei moduli (www.superlocal.eu)

per mezzo di tamponamenti. https://www.teconform.com/the-concept-of-building-workform.html; https://www.concretecentre.com/Building-Solutions/Walls/Tunnel-form.aspx [09.2020].

57 - Interviste degli *stakeholder* raccolte nel filmato "UIA project Super Circular Estate: Circular versus conventional building process" https://youtu.be/azLRMLTlOMw [09.2020].

le cellule in calcestruzzo ha impattato in termini notevoli comportando una spesa circa 4 volte superiore a quella di costruzione di un muro tradizionale, che non è compensata in termini ambientali dal risparmio di CO_2 (Durmisevic, 2020).
Queste circostanze evidenziano come il reimpiego di componenti ottenuti dalla demolizione selettiva dello stock edilizio esistente, ove sia fattibile, possa facilmente dimostrarsi sostenibile a livello ambientale, ma difficilmente a livello economico se confrontata con i costi di lavorazioni convenzionalmente impiegate per ottenere il medesimo scopo.



Fig. 5.24. Il cantiere nel corso della costruzione dei prototipi (Durmisevic, 2019b)

Il medesimo ostacolo è stato incontrato nel corso del progetto di ricerca danese *Nordic Built Component Reuse* (finanziato dall' EUDP, *Energy Development and Demonstration Programme* 2014-2016 e dal *Nordic Built innovation fund*)[58], il cui gruppo di lavoro è stato guidato dallo studio di progettazione Vandkunsten Architects. Come riassunto nell'introduzione del report finale, l'indagine è nata dalle esigenze di un progetto reale per il rinnovo del complesso di Albertslund Syd.

> Una delle richieste più impegnative [*challenging*] era il completo rinnovo dei solai a terra, che richiedeva la rimozione di 80.000 mq di solido parquet di pavimentazione in legno di faggio. In un'ordinaria attività di ristrutturazione questi pavimenti di qualità sarebbero stati trasformati in riscaldamento per il quartiere [con il conferimento] nel locale impianto di incenerimento. Tuttavia, dato che il nostro focus nel corso degli anni è stato quello di preservare le risorse nei progetti edilizi, ci siamo sentiti in dovere di suggerire una soluzione differente, una in cui il materiale fosse riutilizzato con un alto livello [di applicazione]. Abbiamo proposto di convertire le assi di pavimentazione in un nuovo rivestimento interno a copertura dei nuovi pannelli di facciata, dalla elevata capacità isolante. Il legno riusato avrebbe così sostituito un rivestimento interno standard e avrebbe in tal modo ridotto l'impatto ambientale totale (Manelius e Nielsen, 2017).

Per ragioni tecniche e normative, nonché a causa della diffidenza degli utenti, questa ipotesi non è mai stata implementata ad Albertslund Syd. Ciò nonostante, la costituzione di un team di ricerca ha permesso di condurre alcune sperimentazioni interessanti sul tema del reimpiego di elementi edilizi, approfondendo uno spettro di soluzioni ben più vasto di quelle relative alle sole assi di pavimentazione in faggio.
Se comunemente la pratica progettuale e costruttiva pone enfasi sugli aspetti economici e temporali, questo approccio unidirezionale alle risorse materiali "non è rappresentativo del valore che si riscontra una volta che i componenti materiali o intere strutture edilizie sono impiegati in un nuovo uso in modo efficace" (Manelius et al., 2019). Le indagini, improntate sul principio del riuso, hanno permesso di realizzare 19 prototipi in scala 1:1 risultanti da sei tipi diversi di materiali e componenti di recupero. La consapevolezza di una pratica edilizia futura necessariamente fondata sulle strategie di preservazione delle risorse ha determinato i due obbiettivi principali in base ai quali, utilizzando un approccio open source distante da metodi certificati o commerciali, sono state sviluppate le

58 - https://www.nordicinnovation.org/2016/nordic-built-component-reuse-final-report [09.2020].

differenti soluzioni costruttive:

(i) riutilizzare rifiuti edilizi derivanti da operazioni di demolizione, smantellamento e ristrutturazione;
(ii) realizzare costruzioni reversibili secondo i principi del *Design for Disassembly*.

Mirando a mantenere una forte identità architettonica degli elementi edilizi ricavati (Manelius e Nielsen, 2017), l'esplorazione di taglio quasi artistico che ha caratterizzato il processo ha introdotto il concetto di *Re-beauty*. Quest'ultimo implica che "la nozione del bello continuerà a cambiare e che l'abitudine culturale all'estetica del *weathering*[59] e dell'uso precedente va promossa come parte della transizione verso un settore circolare delle costruzioni" (Manelius et al., 2019). Il "metodo *re-beauty*", una analisi multidisciplinare e multi-criterio, si è sviluppato in diverse fasi, registrando in tal senso la transizione dei materiali da rifiuto da C&D a nuovi componenti di valore. Questi *step* sono:

a. indagine di mercato per individuare le risorse recuperabili dal giacimento;
b. ideazione di una matrice analitica per definirne i possibili usi futuri, combinando i principi del DfD con la classificazione svedese dell'organismo edilizio;
c. selezione dei materiali di cui sviluppare le sperimentazioni di reimpiego;
d. costruzione dei prototipi;
e. valutazione dei prototipi.



Fig. 5.25. Esempio di applicazione del prototipo (d) (Vandkunsten Architects)

Tutti e 19 i prototipi sono stati realizzati con elementi che derivano dal recupero di flussi materiali differenti: laterizio, calcestruzzo, vetro, metallo e legno. Solo cinque di essi vengono testati nell'ultima fase, impiegando due metodi differenti e complementari: un LCA di valutazione degli impatti ambientali (rispetto alle alternative realizzate utilizzando materie prime), viene integrato in una cornice che comprende altri otto parametri[60] scelti per esaminare le soluzioni in ottica economica, energetica, tecnica e culturale. I cinque sistemi costruttivi sono:

a. tegole in laterizio re-impiegate come rivestimento esterno di facciata, fissate a una sottostruttura di legno con staffe appositamente studiate;
b. porzioni di solai alveolari in calcestruzzo precompresso, tagliati con sega diamantata in moduli utilizzabili per involucri edilizi o come autobloccanti;
c. reimpiego di serramenti completi di vetrocamera, ri-composti in forma di chiusura verticale;

59 - Si intende con questo termine l'azione prodotta dal tempo sulle superfici architettoniche, intesa sia come quella dettata dall'azione degli agenti atmosferici che come quella dovuta allo scorrere del tempo in senso cronologico. Per approfondire il tema del *weathering* nella sua relazione con la circolarità degli elementi edilizi, si veda: Condotta M., Zatta E., 2019. Riuso del Tempo in Architettura: La pratica del reimpiego di prodotti e componenti edilizi. In: *Techné* 20, pp. 113-121.

60 - I parametri sono: disponibilità/volume; predisposizione all'industrializzazione; costi di produzione; potenziale di vendita; facilità di costruzione; prestazione in fase d'uso; prestazione culturale; ambiente; prestazione in termini di DfD (Manelius e Nielsen, 2017).

d. fogli derivanti dai condotti metallici di ventilazione, resi piani a seguito dello smontaggio, riassemblati a secco come rivestimento discontinuo di facciata (fig. 5.25);
e. elementi in legno differenti lavorati in moduli quadrati da tre strati, il mediano dei quali deriva da porte resistenti al fuoco, componibili a incastro come contropareti o partizioni interne.

I risultati della valutazione LCA, riportati in fig. 5.26 in relazione agli altri parametri e ampiamente discussi nel report finale del progetto, sono positivi (seppur con gradi diversi) per il rivestimento metallico, la controparete in legno, la vetrata e il rivestimento di tegole. Il solo prototipo che si dimostra ampiamente meno conveniente in termini ambientali, rispetto al nuovo, è quello dei blocchi

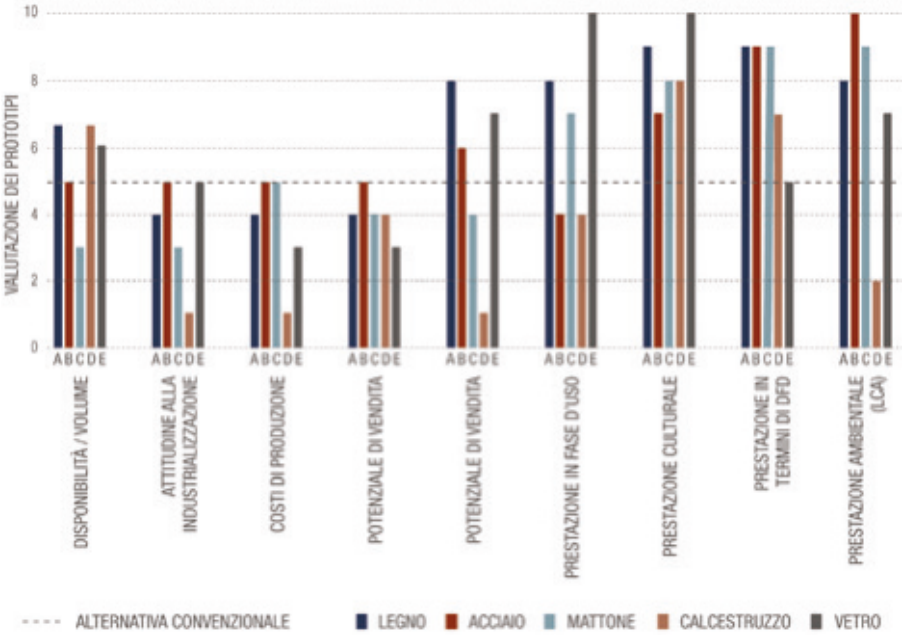


Fig. 5.26. Grafico che riporta l'esito della valutazione complessiva dei prototipi (Manelius et al., 2019)

di calcestruzzo, per via della notevole energia richiesta dai processi di taglio. Considerati nella matrice multi-criterio, il prototipo ligneo consegue i risultati migliori, mentre il rivestimento metallico, quello in laterizio e la vetrata si attestano su valori intermedi.

Forte dell'esperienza sul campo, il collettivo Rotor è invece *lead partner* di due progetti di ricerca che esaminano il tema del reimpiego di prodotti e componenti da un punto di vista più attento alle innovazioni necessarie in termini di processo, di attività e del ruolo dei differenti operatori del settore. Il primo di questi, *Le Bâti Bruxellois Source de nouveau Matériaux* (*BBSM*)[61], FESR 2014-2020, è stato condotto all'interno della Regione di Bruxelles Capitale e si è concentrato sulla necessaria conoscenza del tessuto edilizio dell'area urbana, al fine di incrementarne la gestione efficiente in termini di circolarità delle risorse. *Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements in Northwestern Europe* (*FCRBE*)[62], Interreg NWE 2018-2022, è invece un progetto in corso e caratterizzato da un partenariato internazionale, che mira a promuovere il riuso

61 - https://www.bbsm.brussels/en/home/ [09.2020].

62 - https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe [09.2020].

di elementi edilizi nell'area di programma e a supportare gli operatori della catena in questa transizione.
Sin dalla denominazione del progetto BBSM appare chiaro come l'obbiettivo del lavoro di ricerca sia quello di indagare le potenzialità del costruito della città come giacimento urbano per incentivare una nuova messa in circolazione delle risorse materiali che vi sono "intrappolate". A tal fine, il lavoro condotto si è basato su una analisi dettagliata dello stato dell'arte e sull'approccio degli attori del settore in merito alla gestione dei rifiuti da C&D, prospettiva successivamente estesa allo studio del metabolismo materiale della regione e delle filiere esistenti nell'ambito di decostruzione e reimpiego. Questa indagine ha permesso di identificare le opportunità future in termini di risorse che sarà possibile recuperare dallo stock edilizio esistente e di delineare possibili percorsi per la loro valorizzazione, esaminando al tempo stesso le implicazioni di tipo ambientale, sociale ed economico. Le analisi fin qui descritte sono state successivamente inquadrate all'interno del quadro conoscitivo del tessuto edilizio esistente, di quello degli aspetti tecnici e normativi, al fine di individuare gli ostacoli emergenti allo sviluppo di questo mercato. Al termine di questo progetto è stato possibile sviluppare alcune proposte a livello regionale e produrre uno strumento per la gestione e valorizzazione delle risorse materiali locali[63], adottando un approccio metabolico che incoraggi la rimessa in circolazione di questi materiali e componenti.
Il secondo progetto citato, FCRBE, vede lo stesso team di Rotor impegnato insieme ad altri sette partner divisi tra Belgio, Francia e Inghilterra, tra i quali figura anche l'impresa Salvo Ltd. Obbiettivo generale del progetto è incrementare del 50%[64], attraverso gli studi condotti, la quantità di elementi edilizi di reimpiego in circolazione sul territorio dell'area di programma, il nord-ovest Europa, entro il 2032. Questa macro-regione si qualifica come una candidata adeguata per condurre delle azioni pilota, poiché ospita "migliaia di PMI specializzate nel recupero e nella fornitura di elementi edilizi reimpiegabili". Tuttavia, "nonostante l'ovvio potenziale che rappresentano in ottica di economia circolare, questi operatori incontrano degli ostacoli significativi in merito a: visibilità, accesso a progetti importanti e integrazione nelle pratiche contemporanee del settore. Al giorno d'oggi, il flusso di beni reimmessi in circolazione è stagnante e potrebbe addirittura diminuire per via di una mancanza di azioni strutturate"[65]. Tra i principali *output* del progetto figurano:

a. una directory online di più di 1500 rivenditori specializzati in materiali di recupero,
b. un *toolkit* per l'audit pre-demolizione finalizzato a stimare il potenziale di riuso dei materiali e dei prodotti contenuti in edifici dei quali è prevista la demolizione;
c. un manuale di specifiche per orientare le scelte di integrazione di elementi e materiali di recupero in progetti di grande scala;
d. il test e la promozione di questi strumenti in 36 operazioni pilota di progetti di decostruzione nell'area di programma.

In tal modo, il partenariato intende, da un lato, incentivare l'incontro di domanda e

63 - Rotor, "Vade-mecum for Off-Site Reuse. Legal and practical guidelines for the reclamation of reusable materials from public buildings", 2015. Il tema è stato trattato anche in: Seys S., Billiet L., 2016. Extraire les matériaux réutilisables de bâtiments publics. Produits à démonter dans le cadre d'un marché public de services, d'une vente ou d'une donation. In: *Administration Publique* (APT), June 2016, pp. 1-25.

64 - Ovvero dall'1% al 2% in peso.

65 - Passaggio tratto dal testo introduttivo consultabile sul sito del progetto.

offerta, mettendo in luce le opportunità offerte da questa scarsamente sfruttata rete di piccole imprese e, dall'altro, fornire a progettisti e utenti finali degli strumenti che permettano loro di comprendere le potenzialità degli elementi edilizi di riuso e che supportino l'integrazione degli stessi nelle costruzioni. Le azioni pilota, tra le quali figura anche l'attività di indagine relativa decostruzione della *Tour Montparnasse* da parte del collettivo francese Bellastock[66], permetteranno di vedere coniugati nella pratica professionale questi due ambiti tematici.
Le ricerche relative agli operatori del settore sono state condotte secondo uno schema condiviso dai partner e le informazioni così ottenute sono indicizzate secondo la struttura adottata dalla piattaforma Opalis[67]. Al contempo, l'inquadramento dello stato dell'arte normativo a livello europeo e nazionale ha permesso di identificare le diverse interpretazioni cui è soggetto come il concetto di "riuso" e il ruolo obbligatorio o meno dell'audit pre-demolizione[68]. Sono inoltre stati esaminati diversi strumenti di conduzione dell'audit pre-demolizione, di redazione dell'inventario dei materiali e degli elementi[69] e di procedure di valutazione della prestazione residua, sia di ideazione pubblica che privata. Tra questi ultimi ne figurano alcuni prodotti dai partner stessi nonché quello sviluppato dal progetto BAMB. A tali analisi preliminari è seguita la pubblicazione, in bozza, di una "Guida per identificare il potenziale di riuso dei prodotti da costruzione" (Deweerdt e Mertens, 2020) e una "Guida per facilitare l'integrazione dei materiali da costruzione di recupero in progetti su larga scala e appalti pubblici" (Geerts et al., 2020). Il primo di questi strumenti fornisce un riepilogo delle caratteristiche dell'audit pre-demolizione, delle figure coinvolte nel processo e dei potenziali mercati, dettagliando inoltre le operazioni da condurre per eseguire un sopralluogo efficace e un inventario degli elementi adeguato. Questo documento è corredato da alcune appendici, tra cui un *template* per l'inventario, la breve descrizione degli elementi di reimpiego più comuni e gli esempi di operazioni di riuso. Il secondo manuale guida invece gli operatori del settore nel caso di processi di reimpiego in appalti pubblici o progetti di grande dimensione, dando largo risalto al tema normativo e procedurale. Esaminando fase per fase le operazioni da intraprendere, il manuale definisce i ruoli assunti da progettisti e costruttori nel corso del processo, dalla fase progettuale alla gestione del cantiere, suggerendo una serie di azioni volte a facilitare il conseguimento dei target di riuso prefissati.

---

66 - https://www.bellastock.com/projets/tour-montparnasse/ [09.2020].

67 - Vedi paragrafo 5.2.3.

68 - "*A protocol to conduct the visits and interviews of the reclamation dealers or allied businesses. 19 March 2019*". Consultabile al sito: https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe [09.2020].

69 - Il relativo report solleva il tema delle differenze procedurali che intercorrono tra gli inventari orientati al riciclo (che possono integrare un modulo per il reimpiego, come suggerito dalla Commissione Europea) e quelli volti a massimizzare il riuso, in quanto "se ambedue gli approcci possono convergere per alcuni aspetti (…), presentano al contempo alcuni punti di divergenza: in alcuni contesti, la valutazione di riuso avverrà all'inizio dello sviluppo progettuale; le unità e le modalità di quantificazione impiegate nei due inventari sono differenti; le condizioni dei materiali recuperati dall'edificio possono essere differenti (saranno spesso prodotti nel caso degli elementi reimpiegabili e rifiuti in altri casi); di conseguenza, gli operatori che prenderanno in carico questi elementi potranno essere a loro volta molto diversi; gli operatori che conducono queste valutazioni non saranno probabilmente gli stessi; etc. La presente indagine non cerca di risolvere questa problematica". ("*Interreg FCRBE. Review of existing pre-demolition tools, policies, resources for identifying, quantifying and organizing the reclamation of reusable elements, v.2 27 September 2019*", p. 9, consultabile al sito: https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe [09.2020]).

5.3.2. Progetti di ricerca nel contesto italiano

Nel contesto nazionale, come sottolinea Altamura (2015), "l'approccio conservativo italiano rappresenta di per sé una modalità di intervento sostenibile sull'ambiente costruito, poiché la valorizzazione (…) dell'esistente garantisce un limitato fabbisogno di materiali". Nonostante questo si traduca in un inferiore ricorso ai processi di demolizione rispetto ad altri Paesi, come riporta la stessa autrice, il limitato tasso di recupero di rifiuti da C&D finalizzato alla loro reintroduzione nella filiera edilizia costituisce un punto di debolezza per il settore. Se nel territorio europeo la quota di rifiuti generata dalle attività di C&D rappresenta il 36% sul totale[70] dei rifiuti generati, in Italia l'incidenza del settore è superiore. L'ISPRA riporta che nel 2018 sono state prodotte "59,8 milioni di tonnellate di rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione afferenti al capitolo 17 della decisione 2000/532/CE", circa il 45% del totale dei rifiuti non pericolosi[71]. In questo settore le operazioni di recupero di materia confermano un trend in crescita, dimostrando nel 2018 di ottemperare con ampio margine ai target previsti dalla Direttiva 2008/98/CE grazie a un tasso pari al 77,4% dei rifiuti. Tuttavia, a una generale riduzione del conferimento in discarica per i rifiuti speciali, corrisponde un incremento della produzione totale di questi ultimi pari al 3,3% fra il 2017 e il 2018, "quasi del tutto imputabile, in termini quantitativi, ai rifiuti non pericolosi, e in particolare a quelli da operazioni di costruzione e demolizione che aumentano del 6,6%, pari in termini quantitativi a 3,7 milioni di tonnellate", dati confermati dalle tabelle 5.1 e 5.2.
Considerando queste informazioni alla luce del fatto che "il riciclo, per conto suo, insegue la crescita continua dei rifiuti" (Sferra, 2018) e valutando la mancanza di dati che attestino l'entità dello smaltimento illegale dei rifiuti da C&D, la necessità di promuovere la re-introduzione di questi ultimi nella filiera appare ancora più rilevante. Inoltre, a un continuo input di prodotti nuovi corrispondono sia il relativo consumo di materie prime che l'aumento di emissioni dettate dai processi produttivi. In Italia, il settore dei minerali non metallici impiegati nelle costruzioni "è considerevole in termini di emissioni per via dell'intensità energetica dei processi richiesti (…) tra i quali quelli per la produzione di cemento, calce, laterizi, ceramiche e vetro"[72] comportando inoltre impatti non indifferenti a livello di uso e consumo del suolo per i processi estrattivi, in particolar modo di sabbia e ghiaia[73] .

---

70 - Eurostat 2016, *Waste generation by economic activities and households*, EU-28. Dataset: env_wasgen.

71 - ISPRA, 2020. "Rapporto Rifiuti Speciali - Edizione 2020", https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti [09.2020]. Questi dati sono ottenuti parzialmente da stime perché in molti casi gli attori sono esentati dall'obbligo di presentare il MUD (Modello Unico Dichiarazione ambientale).

72 - ISPRA, 2020. "Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2018. National Inventory Report 2020", report prodotto nel quadro della Un Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti [09.2020].

73 - Nonostante la crisi del settore edilizio, nel 2015 sono stati estratti 53 milioni di mc di sabbia e ghiaia, 22 di calcare e quasi 6 di pietre ornamentali (queste ultime destinate soprattutto all'export). In termini normativi, questo comparto delicato sia per impatti che per gli interessi è governato da un Regio Decreto del 1927, mentre l'istituzione di canoni di concessione adeguati, unita a un parallelo aumento delle tariffe per il conferimento in discarica, potrebbe limitare le esternalità di queste dinamiche e incentivare processi circolari. Legambiente, "Rapporto Cave. I numeri e gli impatti economici e ambientali delle attività estrattive nel territorio italiano. Le opportunità e le sfide nella direzione dell'economia circolare", febbraio 2017. https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/rapporto_cave_2017.pdf [09.2020].

Aggregazione delle categorie di rifiuti da attività di C&D (Allegato 1 Sezione 2 Regolamento CE 2150/2002)		Aggregazione delle attività economiche (classificazione NACE Rev. 2 Regolamento CE 1893/2006 F: Costruzioni)			
		2015	2016	2017	2018
Voce	Descrizione	(tonnellate)			
6.1	Rifiuti metallici ferrosi	3.457.164	3.571.785	4.242.120	4.367.293
6.2	Rifiuti metallici non ferrosi	398.922	440.007	492.483	355.550
6.3	Rifiuti metallici misti, ferrosi e non ferrosi	143.314	211.285	122.317	169.980
7.1	Rifiuti in vetro	77.354	78.215	80.344	88.209
7.4	Rifiuti in plastica	36.908	29.189	40.965	25.075
7.5	Rifiuti in legno	152.560	168.046	175.413	195.569
12.1	Rifiuti minerali da attività di C&D	34.492.850	34.804.036	37.128.551	40.632.686
Totale nazionale (produzione)		38.759.072	39.302.563	42.282.193	45.834.362

Aggregazione delle categorie di rifiuti da attività di C&D (Allegato 1 Sezione 2 Regolamento CE 2150/2002)		Aggregazione delle attività economiche (classificazione NACE Rev. 2 Regolamento CE 1893/2006; F: Costruzioni)			
		2015	2016	2017	2018
Voce	Descrizione	(tonnellate)			
6.1	Rifiuti metallici ferrosi	2.949.921	3.058.448	3.770.442	3.898.045
6.2	Rifiuti metallici non ferrosi	283.820	318.907	294.218	212.328
6.3	Rifiuti metallici misti, ferrosi e non ferrosi	103.566	117.085	67.713	128.339
7.1	Rifiuti in vetro	67.077	65.492	67.604	67.920
7.4	Rifiuti in plastica	21.980	14.888	15.725	9.128
7.5	Rifiuti in legno	119.110	137.173	150.650	163.958
12.1	Rifiuti minerali da attività di C&D	25.932.340	26.235.653	27.403.831	31.017.775
Totale nazionale (preparazione riutilizzo, riciclo, recupero)		29.477.814	29.947.646	31.770.183	35.497.493

Tab. 5.1. Dati relativi alla produzione dei rifiuti da C&D in Italia tra il 2015 e il 2018 (da ISPRA, Rapporto Rifiuti Speciali – Edizione 2020)
Tab. 5.2. Dati relativi a preparazione per il riutilizzo, riciclaggio e recupero di materia dei rifiuti da C&D in Italia tra il 2015 e il 2018 (da ISPRA, Rapporto Rifiuti Speciali – Edizione 2020)

L'insieme di tali circostanze (entità dei rifiuti da C&D, limitata capacità dei processi di riciclo di porre rimedio, impatti relativi a suolo ed emissioni) delinea la necessità di promuovere ulteriormente i processi di riciclo e riuso nei cicli produttivi edilizi. La prospettiva della futura gestione dell'ingente patrimonio edilizio inadeguato a livello energetico e sismico, inoltre, richiede che queste strategie si allontanino da una forma artigianale (Sferra, 2018).
Le evidenti resistenze all'innovazione che caratterizzano il contesto nazionale hanno indubbiamente contribuito alle difficoltà di implementazione dei progetti di ricerca italiani avviati sul tema dei rifiuti da C&D, i quali, seppur dimostrandosi in alcuni casi precursori dei tempi, non sono stati nel corso degli anni inseriti all'interno di una cornice strutturata. Ne è un esempio il progetto VAMP (VAlorizzazione Materiali e Prodotti da demolizione, *LIFE Environment*, 1998-2000)[74], coordinato dalla Regione Emilia Romagna, che già aveva colto le potenzialità fornite dagli strumenti informatici (in particolare dei SIT) per le attività di monitoraggio, gestione e re-immissione sul mercato degli scarti edili. L'aspetto più innovativo di questo progetto consiste nell'approccio fortemente *practice-oriented*, che ha permesso di realizzare e sperimentare "al vero il funzionamento di una 'piazza del mercato' virtuale, accessibile via Internet, in cui i produttori e i possibili riutilizzatori e recuperatori di residui C&D possano trovare le migliori condizioni disponibili in quel momento sul territorio per conferire, trattare e valorizzare i loro residui" (Antonini, 2001). Questa (quasi *ante litteram*) piattaforma è stata attivata per le province di Modena e Reggio Emilia, al

74 - https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=1542#EI [09.2020]. Nel 2006 è stata avviata una seconda sperimentazione nell'area torinese, denominata VAMP_TO, nell'ambito della quale è stato realizzato un "borsino telematico inerti" utilizzando i sistemi informatici sviluppati nel corso di VAMP.

fine di promuovere obbiettivi tra loro interconnessi: la riduzione del conferimento in discarica dei rifiuti da C&D, la valorizzazione dei materiali di scarto edilizi, la promozione delle filiere di riciclo e riuso nonché dei loro positivi risvolti in termini occupazionali. Il progetto intendeva suggerire una soluzione all'assenza di un sistema di connessione e raccordo tra i diversi "nodi" territoriali del circuito edilizio e del recupero, geo-referenziando e mettendo in contatto tra di loro tali attori della catena grazie ai supporti digitali. Questo processo veniva avviato dal progettista o tecnico di cantiere con l'utilizzo di un protocollo chiamato "SSD-D", che agevolava la redazione del piano di demolizione di un edificio, restituendo un inventario dei materiali, la pianificazione delle fasi di e una stima economica in base alle tecniche di demolizione adottate per ciascun elemento dell'organismo edilizio. Tali dati venivano messi inoltre in relazione con le possibili "offerte" relative alla valorizzazione degli inerti derivanti dalla demolizione, contenute nel modulo "SSD-V". Le opzioni di valorizzazione distinguevano tre diverse categorie di rifiuti da C&D, in virtù delle loro caratteristiche e della prestazione residua posseduta: componenti edilizi riusabili[75], materiali riciclabili, materiali di risulta (smaltimento in discarica) [76]. Il sistema VAMP è stato applicato a cinque cantieri sperimentali, per quattro dei quali è stata condotta una analisi LCA comparando la demolizione selettiva effettuata con una tradizionale, ottenendo risultati positivi in termini di contenimento degli impatti.
Nel medesimo quadro si inscrive la più recente iniziativa Atlante Inerti Project (AIP)[77], nata nel 2013 all'interno della cornice del progetto di ricerca *LOWaste*[78], cofinanziato dalla UE nell'ambito del programma *Life+* e promosso dal Comune di Ferrara. Atlante Inerti si pone l'obbiettivo di coniugare le medesime azioni innovative promosse da VAMP, approfondite da indagini svolte in ambito accademico, all'impiego dei più recenti strumenti informatici riscontrati nel contesto internazionale, adeguandoli alle necessità di quello italiano. Il progetto "è stato concepito come una mappatura complessa a scopo informativo sull'offerta di inerti riciclati e componenti di recupero per l'edilizia, finalizzata a supportare l'incontro domanda-offerta della provincia di Ferrara" (Altamura, 2015), coniugando al tempo stesso ricerca e attività sul campo. Da un lato, infatti, uno degli scopi dei fondatori è quello di promuovere gli utilizzi innovativi degli inerti riciclati, ovvero l'*upcycling*, al fine di strutturare e supportare una circolarità nella filiera del riciclo che permetta non solo il recupero, ma anche la valorizzazione di queste risorse. Dall'altro, lo sviluppo di una mappatura georeferenziata[79] degli operatori del settore, nonché degli impianti di trattamento, intende favorire

75 - Un componente edilizio riusabile è definito come un "manufatto che non trova immediato riutilizzo nell'ambito della attività C&D che l'ha prodotto ma che è ancora idoneo ad essere reimpiegato per svolgere la stessa funzione in un altro edificio, assicurando un livello di prestazione accettabile" (Antonini, 2001). L'indicazione della "stessa funzione" deriva dal quadro normativo, poiché garantisce che il componente non sia considerato rifiuto.

76 - I dispositivi studiati dal progetto VAMP fornivano un supporto decisionale relativo agli esiti dei flussi materiali generati da una demolizione selettiva, sulla base del contesto territoriale. Se esaminato nei termini delle esperienze internazionali e degli strumenti descritte nei paragrafi precedenti, il progettista era vincolato a compiere un accurato audit pre-demolizione per ottenere i dati di input da inserire nel sistema e ottenere così un inventario preciso come output.

77 - http://atlanteinertiproject.yolasite.com/ [09.2020].

78 - https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=3935%20; http://www.lowaste.it/progetto/index.html [09.2020].

79 - avviata nella provincia emiliana, successivamente implementata nelle aree metropolitano di Roma e Milano.

l'incontro domanda-offerta.
La ricerca italiana in ambito di gestione dei rifiuti da C&D fin qui trattata è orientata principalmente al reimpiego della frazione inerte, la quale rappresenta in peso una componente che rasenta la totalità dei rifiuti generati a livello nazionale dal settore delle costruzioni. Questa circostanza, unita alle già menzionate resistenze all'innovazione proprie del comparto, determina come nel contesto italiano i processi di riciclo siano stati quelli maggiormente incentivati quale soluzione per ridurre gli impatti ambientali derivanti dalla produzione degli scarti in edilizia. È tuttavia fondamentale, come suggerito dagli strumenti elaborati dalla Commissione Europea, diffondere nella sfera delle costruzioni la consapevolezza di una pluralità di trattamenti possibili, la appropriatezza dei quali va individuata di volta in volta in base alle caratteristiche del flusso materiale generato dalla demolizione e dalla prestazione residua garantita dal componente. Ciò vale a maggior ragione per gli appalti pubblici, che rappresentano un importante *driver* del settore e per i quali sono stati implementati i Criteri Ambientali Minimi.
Il "Manuale per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Provincia di Bologna in applicazione dell'Accordo di Programma", redatto nel 2004 previo accordo con gli operatori del settore, si inscrive all'interno di questo perimetro. Proponendo gli strumenti tecnici e operativi con i quali condurre una gestione ecocompatibile dei rifiuti da C&D, il documento agevola la diffusione delle pratiche di demolizione selettiva quale mezzo di valorizzazione delle risorse, come suggerito dal titolo "il mattone ritrovato". Antonini e Donati (2004) rilevano che pratiche come la demolizione selettiva, la scelta dei processi di recupero più idonei, il perseguimento di riciclati di qualità e la massimizzazione di recupero e riciclo permettono di ridurre in modo drastico gli impatti ambientali senza costi aggiuntivi per gli operatori economici. Tra le direttive tecniche incluse, quella relativa alla gestione dei materiali e componenti direttamente riusabili "fornisce i criteri e le modalità per valutare l'idoneità ad un successivo re-impiego di materiali e componenti edilizi dismessi da un edificio esistente. Gli elementi che abbiano superato positivamente questa verifica possono essere esclusi dal regime normativo dei rifiuti e considerati alla stregua di qualunque materiale da costruzione nuovo, se gestiti con le modalità previste dalla Direttiva" (Antonini e Donati, 2004). Andando quindi a colmare il vuoto normativo presente in merito a scala nazionale, il manuale permette di favorire *effettivamente* le pratiche di reimpiego rispetto a quelle di riciclo, senza che gli operatori incorrano in dubbi procedurali, ma, anzi, indicando loro le prove tecniche necessarie per compiere le scelte in merito (fig. 5.27). Prerequisito è che gli elementi "possano essere riadattati ad un nuovo impiego nelle costruzioni senza modificarne sostanzialmente le caratteristiche geometriche"[80], così che assolvano nuovamente le funzioni precedenti o siano declassati secondo il principio dell'uso a cascata. Ciò può avvenire esclusivamente se le loro caratteristiche li rendono idonei al nuovo impiego, ovvero se possiedono la prestazione residua necessaria[81]. Le linee di ricerca contemporanee in tema di gestione ecocompatibile dei rifiuti da C&D non prendono in esame in modo diretto il riuso, incoraggiando altri processi di reimpiego delle risorse

80 - Le specifiche contemplano sia il riuso indiretto che quello indiretto, "eventualmente anche a seguito di interventi di riparazione" e dunque a seguito di *remanufacturing*. "Ciò significa che questo materiale derivante dallo smontaggio dell'edificio e/o dalle sue parti (…) o derivante dall'attività di costruzione (…) è escluso dal regime normativo dei rifiuti e può essere considerato alla stregua di qualunque materiale da costruzione nuovo" (Antonini e Donati, 2004).

81 - Discostandosi dunque dal presupposto che il reimpiego sia vincolato alla funzione.

che possiedono maggior capacità di penetrazione nella filiera italiana. Gli operatori si dimostrano ancora reticenti nel considerare i materiali riciclati o di riuso adeguati come prodotti da costruzione, condizionati anche dalla carenza di sistemi di certificazione della qualità di tali prodotti che siano idonei e affidabili (Monsù Scolaro, 2017), nonché dalla diffidenza a riguardo dell'utenza finale. Tale circostanza evidenzia come, nonostante il reimpiego di elementi edilizi rappresenti "la pratica più vantaggiosa dal punto di vista ambientale, poiché è quella che permette di valorizzare tutte le risorse 'incorporate' nell'elemento (…) producendo il minimo di scarto e senza necessità, per riciclarlo, di sottoporlo ad una nuova lavorazione, se non a piccoli interventi di pulitura o riparazione e ripristino" (Antonini, 2004), nel contesto italiano esso incontri evidenti ostacoli. Questa circostanza appare quasi paradossale, se si prende in esame la lunga tradizione conservativa propria della cultura architettonica italiana (la quale raggiunge la sua massima espressione negli interventi di restauro) e la pluralità di valenze assunta dal recupero materiale nel progetto del costruito (Monsù Scolaro, 2018). Ciò nonostante, le linee di ricerca relative alla gestione del fine vita del patrimonio edilizio hanno dimostrato negli ultimi anni di indagare in modo approfondito questo tema in base a una prospettiva di ciclo di vita delle costruzioni, delineando due principali indirizzi. Il primo di essi è legato al diffuso interesse nelle valutazioni LCA come strumento di supporto al processo decisionale per la quantificazione degli impatti ambientali nelle fasi di demolizione selettiva e avvio dei flussi di rifiuti a specifici trattamenti[82]. Questo tema è spesso affrontato nelle sue relazioni con la gestione circolare delle risorse e nelle implicazioni che una transizione verso la circolarità, in prospettiva *life cycle*, determina per gli attori della filiera delle costruzioni[83]. Una seconda linea di ricerca indaga invece la correlazione tra il tema della circolarità nella gestione dei rifiuti da C&D valutando le potenzialità per la loro reintroduzione nella catena del valore edilizia, adottando un taglio sperimentale e applicativo[84] o privilegiando

Scheda	COMPONENTE:
1	Trave in legno, tavolato in legno
2	Tavella in laterizio
3	Mattone in laterizio
4	Concio in pietra naturale
5	Trave in ferro (acciaio)
6	Coppi in laterizio, tegole in laterizio
7	Scandola in legno
8	Lastre ondulate per coperture in materiale plastico
9	Comignolo in laterizio (monolitico)
10	Canale di gronda, pluviale (in lamiera metallica)
11	Piastrelle in ceramica smaltate (pavimentazioni e rivestimenti)
12	Piastrelle in ceramica non smaltate
13	Elementi da pavimentazione o rivestimento in pietra naturale
14	Listoni, listelli, doghe in legno da parquet
15	Caminetto in pietra naturale
16	Battiscopa in legno
17	Davanzale, soglia, gradino in marmo
18	Ante, persiane oscuranti
19	Finestre e porte finestre
20	Porte esterne e portoni
21	Porte interne
22	Lucernari, abbaini, ecc…
23	Parapetti, balaustre, inferriate e recinzioni in profilati di acciaio saldati o chiodati
24	Apparecchi sanitari (lavello/lavabo, bidet, vasca, piatto doccia, WC)
25	Rubinetteria
26	Corpo scaldante (radiatore, convettore)

Fig. 5.27. Elenco delle categorie di materiali o componenti per i quali il manuale fornisce le specifiche tecniche dettagliate in merito allo smontaggio "destinato a consentirne un re-impiego ottimale". (Antonini e Donati, 2004)

82 - Ne è esempio la ricerca condotta da Paleari e Campioli (2015a; 2015b) relativa alla demolizione di 51 edifici residenziali nei pressi dell'aeroporto di Malpensa, che si è avvalsa di una analisi LCA per valutare le possibili opzioni tecniche per le fasi di demolizione e successiva gestione dei rifiuti da C&D. Se confrontati con le caratteristiche del patrimonio diffuso italiano, i fabbricati demoliti rappresentano un campione significativo per epoca di realizzazione e sistemi costruttivi. In questo senso, i risultati dell'analisi confermano la rilevanza della frazione inerte sul totale in peso dei rifiuti e come le scelte adottate per la sua gestione influenzino in modo determinante gli impatti ambientali.

83 - Le ricerche condotte dal Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito del Politecnico di Milano indagano da tempo la relazione tra economia circolare e settore edilizio, coinvolgendo gli attori del settore, al fine di determinare il livello di sostenibilità ambientale che caratterizza questi processi (Giorgi et al., 2019; Giorgi et al., 2020).

84 - Tra questi indirizzi di ricerca figura quello del dipartimento PTDA della Sapienza, in particolar modo dell'arch. Altamura, che ha indagato negli ultimi anni i temi dello *urban mining* e dell'*upcycling* in

valutazioni tecniche legate a *embodied energy* e prestazione residua nel determinare le possibilità di reimpiego[85].

modo approfondito (Baiani e Altamura, 2018).

85 - Ne è esempio la sperimentazione condotta da Monsù Scolaro (2018) nell'attribuire "un valore ambientale al costruito esistente in base alla capacità dei suoi componenti di fornire prestazioni tecnologiche residue, sfruttando quanta più materie ed energia in essi incorporata". Una ricerca sperimentale condotta sull'edificato storico di una cittadina offre l'occasione di mettere in relazione gli impatti incorporati e le potenzialità residue degli elementi analizzati, gettando le basi per la successiva analisi in ottica del ciclo di vita.

5.4. Conclusioni. *Urban mining*, strategia di valorizzazione tra ricerca e pratica

Questa analisi dello stato dell'arte relativo alle strategie di riuso in edilizia prende in considerazione tre punti di vista differenti: quelli relativi all'importanza di flessibilità e disassemblaggio delle costruzioni, le esperienze dei *practitioner* contemporanei attivi nel campo del reimpiego di prodotti e componenti e i più recenti progetti di ricerca. I contenuti esaminati convergono verso l'importanza di valorizzare le risorse materiali presenti nell'ambiente costruito, per via dei notevoli benefici che tale approccio produce in termini di impronta ambientale.
La soluzione più efficace in architettura per favorire la conservazione delle risorse, anche dal punto di vista circolare, è rappresentata dal riuso adattivo. Approcci complessi e multidisciplinari come il *Design for Change* cercano di prevenire questa dissipazione a scala edilizia. Inoltre, applicando questa prospettiva alla scala dell'elemento costruttivo, progettare per la decostruzione favorisce indubbiamente il reinserimento delle risorse all'interno della catena del valore futura. Ciò non significa, tuttavia, che non sia possibile operare in questo modo anche nel presente.
Il tessuto edilizio dei nostri centri urbani appare, in quest'ottica, il giacimento del futuro dal quale è possibile estrarre le risorse di cui necessitiamo senza causare un ulteriore impoverimento dell'ambiente naturale. Nel campo edilizio, le strategie di *urban mining* incontrano tuttavia diversi ostacoli alla loro implementazione poiché le informazioni circa le quantità, qualità e prestazioni dei materiali e prodotti da costruzione non sono facilmente stimabili, né i tempi in cui esse divengono disponibili. Nonostante le caratteristiche dell'ambiente costruito contemporaneo rendano difficile l'attivazione dei processi di riuso di elementi edilizi, l'esempio di alcuni professionisti del settore dimostra, da ben prima della pubblicazione di linee guida comunitarie in merito, che è possibile preservare il valore di risorsa che essi rappresentano. A tale scopo, la nascita di piattaforme deputate all'incontro domanda-offerta di materiali e prodotti da costruzione costituisce uno strumento importante per favorire la fase di *sourcing/scouting*.
Questi temi sono stati trattati in modo esteso anche dalla ricerca europea nel corso degli ultimi vent'anni. Dall'analisi condotta emergono due strategie principali. La prima che si focalizza sull'implementazione di circolarità e riuso nel costruito futuro attraverso la progettazione reversibile degli edifici, la realizzazione di un passaporto per materiali e di un catasto dedicato per preservarne l'"identità", l'utilizzo di strumenti digitali e di *Building Information Modeling* (BIM) a fini informativi e di monitoraggio dei flussi, l'incorporazione nelle nuove costruzioni di materiali riciclati o elementi di reimpiego. La seconda strategia si concentra invece sul riuso della "pesante eredità patrimoniale" del passato, in particolar modo della seconda metà del Novecento, esternando una visione di sostenibilità più ampia di quella relativa alla sola dimensione ambientale. Da questo punto di vista, privilegiare il riuso al riciclo permette di preservare un'identità degli elementi che va oltre il "puro valore materiale". Al tempo stesso, altri progetti mirano a incentivare in ambito internazionale i processi di decostruzione e reimpiego ideando strumenti per agevolare gli attori del settore.
La ricerca italiana si scontra, al contrario, con la nota inerzia del settore delle costruzioni. Nonostante un approccio conservativo sia proprio della nostra cultura, i processi di gestione del fine vita del costruito si riducono al solo riciclo, una soluzione di cui è importante favorire l'efficienza se si tiene in considerazione

la considerevole componente inerte sul totale dei rifiuti da C&D, ma che non apre a soluzioni o strategie innovative. Il tema della preservazione delle risorse materiali nei progetti di ricerca ha anch'esso privilegiato tale frazione materiale per via della sua rilevanza, promuovendo il riciclo, senza tuttavia riuscire a comporre una cornice strutturata e condivisa di ricerca sul tema. Nonostante sia condivisa l'importanza del riuso alla luce del legame tra forma, materiali e linguaggio simbolico (Nardi, 1994), la sola ricerca volta a fornire degli strumenti tecnici per favorirlo non ha avuto seguito.

5.5. Bibliografia di capitolo

Altamura P., 2015. Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia. Milano: FrancoAngeli

Antonini E. (ed.), 2001. Residui da costruzione e demolizione: una risorsa ambientalmente sostenibile. Il progetto VAMP e altre esperienze di valorizzazione dei residui. Milano: FrancoAngeli

Antonini E., Donati V. (eds.), 2004. Il mattone ritrovato: Manuale per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Provincia di Bologna in applicazione dell'Accordo di Programma. Bologna: Provincia di Bologna.

ARUP, 2016. The Circular Economy in the Built Environment. London: ARUP. https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-economy-in-the-built-environment [08.2020]

ARUP, University of Leeds, C40 Cities, 2019. Building and infrastructure consumption emissions: in focus. https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/buildings-and-infrastructure-consumption-emissions [08.2020]

Baiani S., Altamura P., 2018. Superuse e upcycling dei materiali di scarto in architettura: progetto e sperimentazione. In: *Techné* 16, pp. 142-151

Bakker C., Den Hollander M., Van Hinte E., Zijstra Y., 2014. Products that last: Product design for circular business models. Delft: TU Delft.

Brand S., 1994. How buildings learn: what happens after they're built. New York: Viking

Brooker G., 2017. Foreword: Tabula plena. In: Baker Brown D., *The Re-use Atlas: A designer's guide towards the circular economy*, pp. ix-xi. London: RIBA Publishing.

Cairns S., Jacobs J.M., 2014. Buildings must die: a perverse view of architecture. Cambridge, Massachussets; London, England: The MIT Press

Commissione Europea, 2018. Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.

Condotta M., Zatta E., 2019. Riuso del Tempo in Architettura: La pratica del reimpiego di prodotti e componenti edilizi. In: *Techné* 20, pp. 113-121

Cossu R., Williams I.D., 2015. Urban mining: Concepts, terminology, challenges. In: *Waste Management* 45, pp. 1–3. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.040

CSTC, 2017. Construire circulaire: Vers une économie circulaire dans la construction. https://www.cstc.be/homepage/download.cfm?lang=fr&dtype=publ&doc=Vers_une_economie_circulaire_dans_la_construction.pdf [08.2020]

Debacker Wim, Manshoven S., 2016. D1 Synthesis of the state-of-the-art. Key barriers and opportunities for Materials Passports and Reversible Building Design in the current system. Report. https://www.bamb2020.eu/ [09.2020]

Devlieger L., 2017. Architecture in reverse. In: *Volume* 51. https://rotordb.org/en/projects/deconstruction-volume-ndeg-51 [09.2020]

Deweerdt M. (BBRI), Mertens M. (Brussels Environment), 2020. A guide for identifying the reuse potential of construction products. Working draft version, 29 March 2020. https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe [09.2020]

Durmisevic E., 2006. Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction. PhD Thesis, TU Delft. doi: http://resolver.tudelft.nl/uuid:9d2406e5-0cce-4788-8ee0-c19cbf38ea9a

Durmisevic E., 2018. The Super Circular Estate project. Journal n°1. https://www.uia-initiative.eu/en/uia-cities/Kerkrade [09.2020]

Durmisevic E., 2019a. Circular Economy in Construction: Design Strategies for Reversible Buildings. BAMB 2020 Report. https://www.bamb2020.eu/ [09.2020]

Durmisevic E., 2019b. The Super Circular Estate project. Journal n°3. https://www.uia-initiative.eu/en/uia-cities/Kerkrade [09.2020]

Durmisevic E., 2020. The Super Circular Estate project. Journal n°4. https://www.uia-initiative.eu/en/uia-cities/Kerkrade [09.2020]

Durmisevic E., Beurskens P.R., Adrosevic R., Westerdijk R., 2017. Systemic view on reuse potential of building elements, components and systems - comprehensive framework for assessing reuse

potential of building elements. In CP: *Hiser International Conference: Advances on recycling and management of construction and demolition waste*, pp. 275-280. Delft, The Netherlands.

EEA (Environmental European Agency), 2017. Circular by design. Products in the circular economy. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi: 10.2800/860754

Fletcher C., 2017. What a waste! In: Baker Brown D., *The Re-use Atlas. A Designer's Guide towards the Circular Economy*, pp. 16-20. London: RIBA Publishing

Galle W., Cambier C., Elsen S., Herthogs P., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C., 2019. Building a Circular Economy. Buildings: a Dynamic Environment. Brussels: Vrije Universiteit Brussel (VUB)

Geerts G., Ghyoot M., Naval S (Rotor), 2020. A guide for facilitating the integration of reclaimed building materials in large-scale projects and public tenders. Working Draft version, 26 March 2020. https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe [09.2020]

Ghyoot et. al, 2018. Décontruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

Giachetta A., 2004. Architettura e tempo: La variabile della durata nel progetto di architettura. Milano: CLUP

Giorgi S., Lavagna M., Campioli A., 2019. Circular economy and regeneration of building stock in the Italian context: policies, partnership and tools. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/0120

Giorgi S., Lavagna M., Campioli A., 2020. Circular Economy and Regeneration of Building Stock: Policy Improvements, Stakeholder Networking and Life Cycle Tools. In: Della Torre et al. (eds.), *Regeneration of the Built Environment from a Circular Economy Perspective, Research for Development*, pp. 291-301, doi: 10.1007/978-3-030-33256-3_27

Gorgolewski M., 2018. Resource salvation: the architecture of reuse. Hoboken (US): Johns Wiley & Sons

Gorgolewski M., 2019. The architecture of reuse. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012030

Grimellini C., 2004. La riciclabilità delle strutture murarie tradizionali: modificazioni progettuali e produttive. In: Gangemi V. (ed.), *Riciclare in architettura: scenari innovative della cultura del progetto*. Napoli: CLEAN

Hebel D.E., 2017. Reservoir Buildings: Toward an idea of abundant pertinence. In: Benjamin D., *Embodied energy and design. Making architecture between metrics and narratives*, pp. 107-116. New York: Columbia University GSAPP/Lars Müller Publishers

Heisel F., Schlesier K., Hebel D.E., 2019a. Prototypology for a circular building industry: the potential of re-used and recycled buildings materials. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 323. doi: 10.1088/1755-1315/323/1/012023

Heisel F., Hebel D.E., Sobek W., 2019b. Resource-respectful construction – the case of the Urban Mining and Recycling unit (UMAR). In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012049

ISPRA, 2020. "Rapporto Rifiuti Speciali - Edizione 2020". https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti [09.2020]

ISPRA, 2020. "Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2018. National Inventory Report 2020", report prodotto nel quadro della Un Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti [09.2020].

Legambiente, 2017. "Rapporto Cave. I numeri e gli impatti economici e ambientali delle attività estrattive nel territorio italiano. Le opportunità e le sfide nella direzione dell'economia circolare". https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/rapporto_cave_2017.pdf [08.2020]

Johansson N, Krook J., Eklund M., Berglund B., 2013. An integrated review of concepts and initiatives for mining the technosphere: towards a new taxonomy. In: *Journal of Cleaner Production* 55, pp. 35-44. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.04.007

Kakkos E., Heisel F., Hebel D.E., Hischier R., 2019. Environmental assessment of the Urban Mining and Recycling (UMAR) unit by applying the LCA framework. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012043

Lavagna M., 2008. Life Cycle Assessment in edilizia: Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale. Milano: Hoepli

Lendager A., Vind D.L., 2018. A changemaker's guide to the future. Copenaghen: Lendager Group.

Luscuere L., Zanatta R., Mulhall D., Boström J., Elfström L., 2019. Deliverable 7: Operational

Materials Passports. BAMB 2020 Report. https://www.bamb2020.eu/ [09.2020]

Lynch K., 1992. Deperire: Rifiuti e spreco nella vita di uomini e città. Napoli: CUEN

Manelius A-M., Nielsen S., 2017. Rebeauty: Nordic Built Component Reuse. Copenhagen: Vandkunsten Architects. https://vandkunsten.com/content//2019/01/NBCR-20170201-web.pdf [09.2020]

Manelius A-M., Nielsen S., Kauschen J.S., 2019. Rebeauty – Artistic Strategies for Repurposing Material Components. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,* 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012023

Meggers F., 2010. Reduce CO2. In: Ruby I, Ruby A., *Re-inventing construction*, pp. 20-24. Berlin: Ruby Press.

Monsù Scolaro A., 2017. Progettare con l'esistente, riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare. Milano: FrancoAngeli

Monsù Scolaro A., 2018. Embodied Energy e prestazione residua: misurare il valore ambientale dell'esistente. In: *Techné* 16, pp. 226-234

Morgan C., Stevenson F., 2005. Design for Deconstruction. SEDA Design Guides for Scotland: No. 1. Glasgow: SEDA (Scottish Ecological Design Association). https://www.seda.uk.net/design-guides [08.2020]

Nardi G., 1994. Le nuove radici antiche: saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura. Milano: Franco Angeli

Paleari M., Campioli A., 2015a. I rifiuti da costruzione e demolizione: LCA della demolizione di 51 edifici residenziali. In: *Ingegneria dell'Ambiente*, 4(2), pp. 47-61. dx.doi.org/10.14672/ida.v2i4.356

Paleari M., Campioli A., 2015b. Salvaguardare e riqualificare il suolo. Dalle strategie insediative alla gestione dei processi di dismissione del costruito. In: *Techné* 10, pp. 232-239.

Rau T., Oberhuber S., 2019. Material matters: L'importanza della materia. Un'alternativa allo sfruttamento. Milano: Edizioni Ambiente

Ritzen M., van Oorschot J., Cammans M., Segers M., Wieland T., Scheer P., Creugers B., Abujidi N., 2019. Circular (de)construction in the Superlocal project. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012048

Ruby I., Ruby A., 2010. Mine the city!. In: id. (eds.), *Re-inventing construction*, pp. 243-247. Berlin: Ruby Press.

Sassi P., 2004. Designing buildings to close the material resource loop. In: *Engineering Sustainability* 157 (3), pp. 163-171, https://doi.org/10.1680/ensu.2004.157.3.163.

Sassi P., 2008. Defining closed-loop material cycle construction. In: *Building Research & Information*, 36(5), pp 509-519. doi: 10.1080/09613210801994208

Seys S., Billiet L., 2016. Extraire les matériaux réutilisables de bâtiments publics. Produits à démonter dans le cadre d'un marché public de services, d'une vente ou d'une donation. In: *Administration Publique (APT)*, June 2016, pp. 1-25. http://www.vademecum-reuse.org/Vade-mecum_analyse_juridique-Rotor.pdf [10.2020]

Sferra A.S., 2018. I rifiuti in edilizia: riuso e riciclo nell'industria 4.0. Milano: Francoangeli

Sobek W., 2010. Architecture isn't here to stay: Towards a reversibility of construction. In: Ruby I, Ruby A., *Re-inventing construction*. Berlin: Ruby Press.

Stahel W.R., 2019. The Circular Economy. A user's guide. New York: Routledge.

Stollmann J., 2014. Hands off: urban mining! A plea for the re-evalutation of substandard houses. In: Hebel D.E., Wisniewska M.H., Heisel F. (eds.), 2014. *Building from waste. Recovered materials in architecture and construction,* pp. 27-32. Basel: Birkhäuser

Teerds, H., Habraken, J., Havik, K., 2011. Define and Let Go. An interview with John Habraken. In: *OASE* 85, pp. 8–16. https://www.oasejournal.nl/en/Issues/85/DefineAndLetGo [09.2020]

UNI (2020). Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare. UNI/PdR 75:2020.

van Hinte E., Jongert J., Pereen C., 2007. Superuse: constructing new architecture by shortcutting material flows. Rotterdam: 010 Publishers

Von Richthofen A., Zeng W., Asada S., Burkhard R., Heisel F., 2017. Urban Mining: Visualizing the Availability of Construction Materials for Re-use in Future Cities. In: *Proceedings of the 2017 21st International Conference Information Visualisation (IV)*. London. doi: 10.1109/iV.2017.34


VAGLIATURA

PARTE II - METODO E OBBIETTIVI


VAGLIATURA

6. Approccio e metodo della ricerca

6.1. Definizione delle *research question*

La Parte I della tesi ha approfondito una cornice teorica relativa al riuso di elementi edilizi, composita e multidisciplinare, restituendo una visione contemporanea di queste strategie collocata all'intersezione tra domini diversi. Al tempo stesso, la continuità nella storia che le pratiche di reimpiego possiedono si dimostra fortemente legata al valore ravvisato negli elementi riusati, il carattere del quale è inevitabilmente connesso alla preservazione formale e semantica degli stessi. Tali circostanze si riflettono su quanto delineato dallo stato dell'arte. Le strategie e politiche europee, attraverso la promozione di un approccio *life cycle* e della transizione verso modelli di produzione e consumo circolari, determinano la progressiva costruzione di un quadro normativo nel settore edilizio a sostegno di processi più efficienti del riciclo per la preservazione delle risorse materiali. La pratica architettonica, attraverso le sperimentazioni dei progettisti e il taglio fortemente applicativo delle attività di ricerca più recenti, si fa carico di una spinta innovativa *bottom-up* che sollecita il perfezionamento di strumenti adeguati a incentivare il reimpiego nella sfera delle costruzioni.
Lo stato dell'arte suggerisce come quello del riuso di elementi edilizi sia un tema dibattuto nel panorama contemporaneo in particolar modo in ragione delle ricadute positive che tale strategia può comportare in termini ambientali. Inoltre, l'interesse e la tenacia manifestati dai *practitioner* nel condurre questa attività, a fronte delle difficoltà di implementazione nella filiera e delle incertezze normative, suggeriscono come i benefici riscontrati possano promuovere una sostenibilità dai caratteri più ampi di quelli esclusivamente ecologici. Sulla base di queste premesse, come anticipato dai propositi della tesi[1], scopo della mia ricerca è indagare due particolari aspetti in relazione a quanto emerso nel quadro teorico di riferimento e dallo stato dell'arte.
Il primo di essi è inerente alle caratteristiche dei processi di reimpiego legate alla capacità di coniugare una sostenibilità di tipo ecologico a una di tipo sociale e culturale, secondo un approccio integrato. Si intende per questo esaminare i tratti propri del riuso di elementi edilizi che lo possano definire uno strumento appropriato e sostenibile per la gestione del fine vita del patrimonio edilizio contemporaneo. Il secondo proposito esamina la medesima prospettiva dal punto di vista delle possibilità applicative di queste strategie nel settore delle costruzioni. Ci si propone quindi di condurre una indagine volta a individuare e discutere gli strumenti e i processi per mezzo dei quali il reimpiego di prodotti e componenti può contribuire al progetto di architettura promuovendo una sostenibilità in termini comprensivi.
Alla luce di quanto emerso da una lettura critica dello stato dell'arte, per esaminare

pagine 206 e 208:
Impresa di trattamento rifiuti da costruzione e demolizione (Brenta Lavori), Vigonza, luglio 2020 (Elisa Zatta)

1 - Illustrati nella sezione introduttiva della tesi

i due aspetti qui brevemente richiamati è necessario perimetrare quattro diversi temi da approfondire così da colmare il divario di conoscenze esistente. Questo processo permette di formulare quattro corrispondenti *research question* [*RQ*], di seguito riportate in diretta relazione con il tema che si propongono di investigare.

RQ (i)
Numerosi punti di vista, dalle teorie dell'economia ecologica agli esiti della ricerca contemporanea, dai modelli economici circolari all'approccio normativo basato sul ciclo di vita, convergono nell'identificare i processi di riuso quali strumenti più efficaci di quelli di riciclo. Nei primi sono infatti riconosciute maggiori capacità di indurre modifiche strutturali ai modelli contemporanei di produzione e consumo e di incoraggiare, in tal modo, una consistente riduzione degli impatti ambientali. La pratica architettonica e le linee di ricerca contemporanee suggeriscono inoltre che, attraverso l'implementazione del reimpiego nel settore delle costruzioni, ai benefici di tipo ecologico possono essere associati ulteriori aspetti positivi, di tipo sociale, economico e culturale. *L'implementazione del riuso in architettura contribuisce a ottenere ricadute più ampie di quanto non faccia il riciclo, non solo in termini ambientali, ma nell'ottica di una sostenibilità in chiave trasversale?*

RQ (ii)
In riferimento al tema precedente, nonché parzialmente a sostegno delle ipotesi dello stesso, la storia dell'architettura dimostra come il reimpiego di elementi edilizi abbia rappresentato nel corso di tutta l'era preindustriale un contributo, sebbene a tratti inconsapevole, alle pratiche costruttive sostenibili. Ciò non solo in virtù della preservazione delle risorse materiali, bensì per la capacità di veicolare, insieme ad essa, la conservazione degli aspetti propri della cultura materiale dell'epoca, riscontrabili al giorno d'oggi come tracce nell'ambiente costruito. Appare dunque rilevante ai fini dei propositi della ricerca domandarsi se questi aspetti di preservazione della cultura materiale siano ancora ritenuti importanti e, di conseguenza, perseguiti nella pratica architettonica contemporanea basata sulle strategie di reimpiego, nonché quale sia l'importanza che rivestono per i progettisti che ne fanno uso. *Il reimpiego di elementi edilizi in architettura* è *considerato, da chi lo pratica al giorno d'oggi, uno strumento di preservazione della cultura materiale?*

RQ (iii)
Come emerge dall'esame delle strategie e degli strumenti adottati, l'implementazione delle strategie di riuso possiede attualmente un carattere episodico e vede, nel più dei casi, un'attuazione quasi "artigianale" poiché incontra delle difficoltà nel diventare pratica comune in edilizia. Questa circostanza limita le potenzialità riconosciute nei processi circolari più efficienti di conservare il valore degli elementi edilizi attraverso la loro reintroduzione nella filiera, nonostante le strategie e normative europee individuino il riuso quale strumento più efficace del riciclo nel limitare gli impatti ambientali delle costruzioni. Comprendere la natura dei diversi ostacoli, di tipo normativo, economico e di mercato, che costituiscono dei fattori ostativi all'implementazione dei processi di riuso in edilizia rappresenta dunque un'indagine fondamentale. *Come individuare le barriere normative esistenti che costringono le pratiche di reimpiego a una dimensione di nicchia e sistematizzarle al fine di suggerire degli interventi che contribuiscano a ridimensionare questi ostacoli?*

RQ (iv)
Nonostante le difficoltà prodotte dagli aspetti normativi, sulla scorta della sempre più evidente necessità di limitare gli impatti del settore edilizio, nonché grazie agli esempi forniti dall'attività dei practitioner, sono recentemente emersi procedimenti e strategie che permettono di integrare le pratiche di reimpiego alla produzione di architettura. Allo stesso scopo sono stati sviluppati alcuni strumenti di supporto (protocolli, piattaforme, digitalizzazione) a una gestione efficiente delle risorse materiali, utilizzabili sia per la nuova progettazione che per la conduzione delle attività di demolizione. Alla luce della necessità di pianificare la futura gestione dello stock edilizio europeo e italiano che arriverà a fine vita nel corso dei prossimi decenni, va indagato se tali strategie e strumenti possano dimostrarsi un aiuto nel perseguire un modello più sostenibile di gestione delle attività edilizie. *È possibile, e in che modo, ottenere risvolti positivi dall'adozione sistematica di questi strumenti nella gestione dell'ambiente costruito, analizzandoli e suggerendo eventuali integrazioni alle carenze riscontrate?*

6.2. Obbiettivi specifici e metodi

Le quattro *research question* individuate segnalano degli aspetti di differente natura che è necessario approfondire al fine di integrare il quadro complessivo delle conoscenze relative ai processi di reimpiego in edilizia. Tale cornice permette di analizzare i contributi a una sostenibilità di tipo trasversale (i) e i contenuti in chiave culturale (ii) propri di questa pratica, nonché di identificare gli ostacoli che essa incontra nel contesto contemporaneo (iii), così da poter suggerire delle possibili linee di azione per una sua adozione diffusa e strutturata (iv).
Le considerazioni incluse negli Esiti della ricerca (Parte III) e nella seguente Analisi dei risultati (Parte IV) compongono un quadro organico e sintetico dei risultati emersi dalle indagini condotte.
Per ciascuna delle quattro RQ elencate sono stati identificati degli *obbiettivi specifici* [OS], ovvero delle azioni da intraprendere, dei temi da investigare concretamente, al fine di formulare i quattro relativi quadri conoscitivi "di risposta". Le *research question* trattano uno stesso fenomeno da punti di vista in alcuni casi molto distanti tra loro e, per questa ragione, la ricerca assume necessariamente un carattere qualitativo. Tali circostanze si riflettono in modo inevitabile sulla scelta degli strumenti, ovvero dei *metodi*, di volta in volta adottati, nonché spesso integrati tra loro, per ottenere le risposte a tali quesiti. Di seguito sono illustrati gli obbiettivi specifici individuati per ciascuna RQ, ai quali sono associati i relativi metodi.

OS (i)
Al fine di determinare se l'adozione dei processi di riuso nel settore edilizio permetta di ottenere, in linea teorica, potenziali ricadute positive oltre a quelle ambientali, è necessario esaminare quali siano i possibili contributi promossi da questi processi a una sostenibilità trasversale a più domini. Si tratta di un tema che è difficile indagare in termini quantitativi e indiscutibili e, per questa ragione, l'indagine si avvale di due metodi differenti. Il primo di questi è l'inquadramento dei processi di riuso e delle loro ricadute positive all'interno della cornice promossa dagli Obbiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (SDGs) [2], al fine di individuare il

2 - La scelta di compiere questa indagine attraverso la conduzione di uno screening basato sul quadro

potenziale apporto di queste pratiche ai target fissati dall'Agenda 2030. Il secondo vede le informazioni così ricavate messe a confronto con le specifiche posizioni teoriche sul tema emergenti dalla letteratura, allo scopo di ottenere un riscontro, seppure slegato da evidenze quantificabili[3], di tali vantaggi.

OS (ii)

Le ipotesi appoggiate dalla RQ (i), se confermate, ampliano lo spettro dei benefici promossi dal reimpiego nella sfera della sostenibilità. All'interno di questa prospettiva si inserisce, approfondendone in dettaglio un aspetto, l'indagine relativa alla RQ (ii). Essa intende esaminare, da un lato, se i professionisti attivi nel settore riconoscano una accezione culturale nel "valore di risorsa" che conferiscono agli elementi oggetto delle pratiche di reimpiego e, dall'altro, quale importanza esso acquisisca anche rispetto ad altre dimensioni identificate. Si dimostra dunque necessario comprendere quale sia l'interpretazione data dai *practitioners* a queste strategie e, al tempo stesso, se tra i motivi alla base dell'approccio che essi adottano rivesta importanza quello culturale. Per tali ragioni, l'indagine fa utilizzo di due metodi diversi. Il primo di essi è costituito da una schedatura critica di 20 casi studio di architetture contemporanee che fanno uso di elementi di reimpiego. Tale schedatura comprende, per ciascuna realizzazione esaminata, anche una breve sezione di tipo interpretativo, basata su dei parametri derivati dalla letteratura. Il secondo metodo impiegato consiste invece nella conduzione di alcune interviste qualitative semi strutturate[4] a dei *practitioner* europei attivi nel settore[5].

Le indagini, basate sui metodi descritti, volte a raggiungere gli *obbiettivi specifici* definiti per le *research question* (i) e (ii) in questa sede esplicitati, sono approfonditamente descritti rispettivamente nel capitolo 7 e nel capitolo 8, inclusi nella Parte III della tesi. L'analisi dei risultati in relazione al metodo impiegato è invece condotta, in modo integrato, all'interno del capitolo 11, contenuto nella Parte IV.

OS (iii)

Gli ostacoli esistenti all'implementazione dei processi di riuso nelle costruzioni appaiono, dall'analisi dello stato dell'arte, trasversali a più ambiti. La principale criticità riguarda l'orientamento prevalente della normativa verso la regolamentazione dei processi di riciclo, circostanza che priva, in tal modo,

degli SDGs è dovuta al fatto che questi rappresentano la sola cornice istituzionale, proposta dalle Nazioni Unite e adottata dall'Unione Europea, in grado di fornire un contesto multidisciplinare e intersettoriale all'interno del quale è possibile esaminare i progressi verso una sostenibilità in termini comprensivi.

3 - Si vedano in questo senso le conclusioni del capitolo 4 relative alla misurazione e alla valutazione della sostenibilità in architettura.

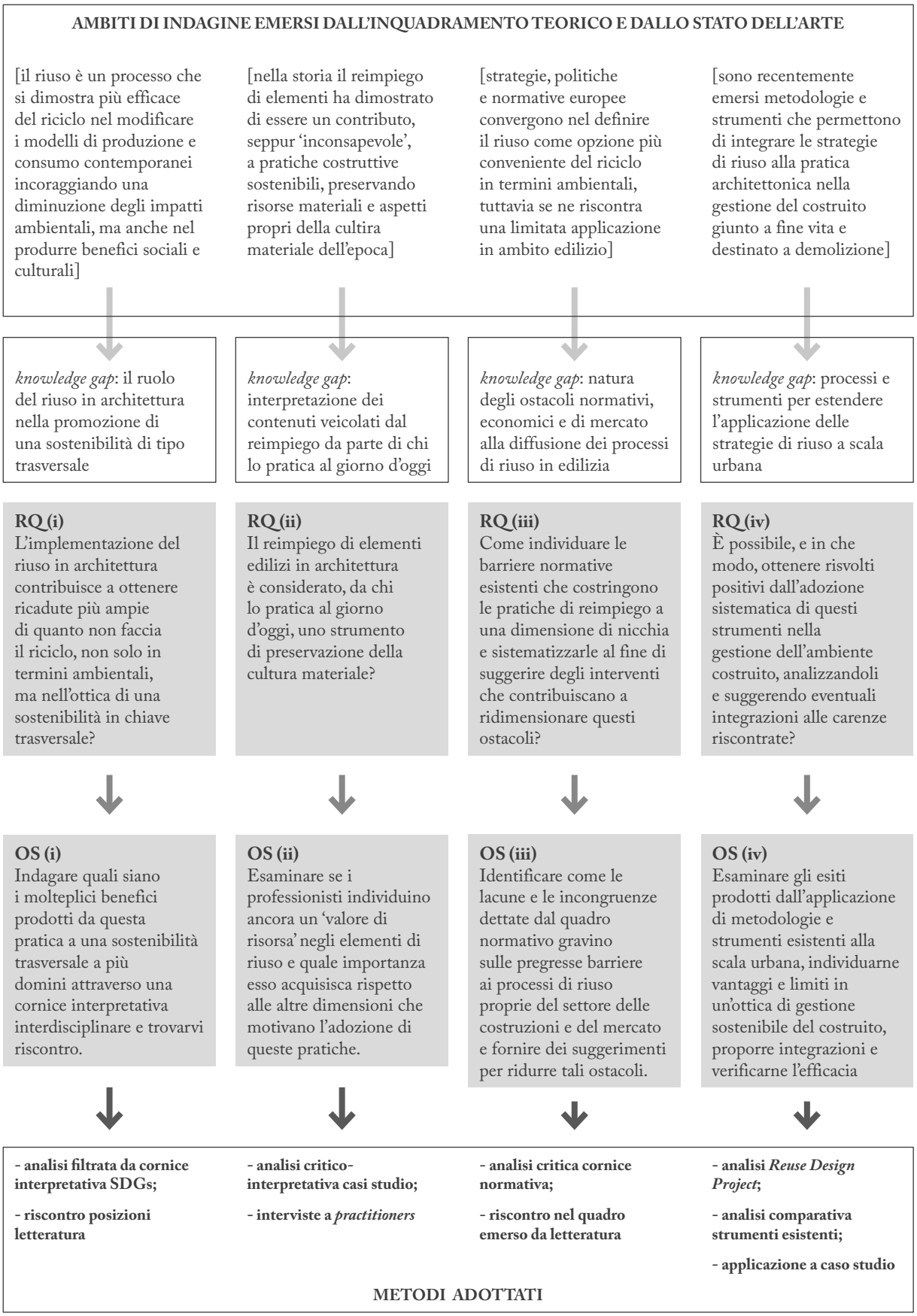
4 - Si intende per "intervista qualitativa semi-strutturata" uno "strumento di raccolta dei dati caratterizzato da forte variazione e flessibilità nelle modalità in cui è condotto e da un'elevata simmetricità dei ruoli svolti da intervistato e intervistatore". L'intervista è guidata da una traccia "che riporta un elenco di argomenti e questioni da discutere (…) nella maggior parte dei casi, senza una precisa formulazione o modalità di risposte predefinite", come descritto da Emanuela Sala ne "L'intervista", contributo al volume "Il mondo della ricerca qualitativa" a cura di A. De Lillo (UTET Università, 2010)

5 - Si tratta di due incontri-intervista condotti dall'autrice, rispettivamente con A. Vande Capelle (Rotor) e C. Guichard (Rotor DC) [Bruxelles, 13.12.2019] e con N. Ransome (Lendager Group) [Copenaghen, 18.02.2020]. Sebbene tre punti di vista possano sembrare un campione non significativo, come sarà approfondito in dettaglio nel capitolo 8 non sono molti i professionisti che nell'area Europea adottano questo tipo di approccio progettuale e per tale ragione le interviste hanno coinvolto un numero circoscritto di attori.

di adeguato supporto le più efficienti strategie alternative di prevenzione o gestione dei rifiuti da C&D. Queste lacune e incongruenze di tipo normativo costituiscono un ostacolo alla implementazione dei processi di reimpiego e di *urban mining*, gravando inevitabilmente sulle già esistenti barriere proprie del settore delle costruzioni e del mercato. Ciò richiede di intraprendere una indagine che, a partire dall'esame degli aspetti normativi, permetta di sistematizzare l'insieme dei fattori ostativi alla diffusione del riuso di elementi in architettura. In tal modo sarà inoltre possibile fornire dei suggerimenti volti a ridimensionare queste barriere. Per condurre questa indagine sono impiegati due metodi. Il primo di questi è una analisi critica della cornice normativa europea relativa al riuso di prodotti e componenti edilizi, volta a illustrare le conseguenze della interrelazione tra le diverse sfere di competenza cui questi elementi sono soggetti, una disamina che consente di mettere in luce alcune problematiche. Il secondo consiste nella sistematizzazione dei fattori analizzati all'interno di una cornice costruita a partire dalla letteratura, al fine di restituire un prospetto delle principali barriere all'implementazione del reimpiego di elementi edilizi e di individuare su quali di esse gravino le ricadute normative.

OS (iv)
Allo scopo di valutare le potenzialità offerte dal reimpiego di elementi edilizi a una gestione sostenibile del patrimonio esistente è necessario esaminare gli esiti ottenuti dalla potenziale applicazione a scala urbana delle strategie e degli strumenti operativi illustrati nello stato dell'arte. Questa indagine va affrontata individuando vantaggi e limiti di tali procedimenti tenendo in considerazione gli ostacoli, diretti e indiretti, indotti dal quadro normativo in base a quanto emerso nelle analisi condotte per la RQ (iii). A tale scopo vengono impiegati due metodi differenti, che permettono di inquadrare il *gap* di conoscenze con uno sguardo applicativo. Il primo di essi analizza le strategie di implementazione dei processi di riuso (*Reuse Design Project*) a scala urbana, individuandone gli attori coinvolti e il loro ruolo, la scansione delle fasi operative e le implicazioni in termini progettuali. Ciò permette, ove si riscontrassero dei limiti, di formulare delle ipotesi volte a migliorare l'efficacia del processo in termini globali. Il secondo metodo coincide con l'analisi critica comparativa di alcuni strumenti esistenti il cui scopo è quello di facilitare i processi di recupero di materiali ed elementi edilizi all'atto della demolizione, al fine di verificare l'efficacia prodotta dalla loro adozione e di suggerire eventuali integrazioni. Corollario di questa indagine sarà l'applicazione delle strategie di *urban mining* a un caso studio, svolta simulando un processo progettuale mirato al reimpiego di componenti edilizi, così da testare l'approccio proposto, verificare l'efficacia delle eventuali integrazioni apportate e ricavare ulteriori considerazioni.
I metodi adottati per raggiungere gli *obbiettivi specifici* definiti per le *research question* (iii) e (iv) sono illustrati rispettivamente nel capitolo 9 e nel capitolo 10, inclusi nella Parte III della tesi. Tali indagini gettano le basi per la successiva fase analitica, condotta in modo integrato nel capitolo 12, contenuto nella Parte IV unitamente alla simulazione del processo di *urban mining* desctitta nel capitolo 13.

La figura 6.1, riportata nella pagina successiva, illustra le relazioni tra ambiti di indagine, *research question*, obbiettivi specifici e metodi.


AMBITI DI INDAGINE EMERSI DALL'INQUADRAMENTO TEORICO E DALLO STATO DELL'ARTE
[il riuso è un processo che si dimostra più efficace del riciclo nel modificare i modelli di produzione e consumo contemporanei incoraggiando una diminuzione degli impatti ambientali, ma anche nel produrre benefici sociali e culturali]
[nella storia il reimpiego di elementi ha dimostrato di essere un contributo, seppur 'inconsapevole', a pratiche costruttive sostenibili, preservando risorse materiali e aspetti propri della cultira materiale dell'epoca]
[strategie, politiche e normative europee convergono nel definire il riuso come opzione più conveniente del riciclo in termini ambientali, tuttavia se ne riscontra una limitata applicazione in ambito edilizio]
[sono recentemente emersi metodologie e strumenti che permettono di integrare le strategie di riuso alla pratica architettonica nella gestione del costruito giunto a fine vita e destinato a demolizione]
knowledge gap: il ruolo del riuso in architettura nella promozione di una sostenibilità di tipo trasversale
knowledge gap: interpretazione dei contenuti veicolati dal reimpiego da parte di chi lo pratica al giorno d'oggi
knowledge gap: natura degli ostacoli normativi, economici e di mercato alla diffusione dei processi di riuso in edilizia
knowledge gap: processi e strumenti per estendere l'applicazione delle strategie di riuso a scala urbana
RQ (i) L'implementazione del riuso in architettura contribuisce a ottenere ricadute più ampie di quanto non faccia il riciclo, non solo in termini ambientali, ma nell'ottica di una sostenibilità in chiave trasversale?
RQ (ii) Il reimpiego di elementi edilizi in architettura è considerato, da chi lo pratica al giorno d'oggi, uno strumento di preservazione della cultura materiale?
RQ (iii) Come individuare le barriere normative esistenti che costringono le pratiche di reimpiego a una dimensione di nicchia e sistematizzarle al fine di suggerire degli interventi che contribuiscano a ridimensionare questi ostacoli?
RQ (iv) È possibile, e in che modo, ottenere risvolti positivi dall'adozione sistematica di questi strumenti nella gestione dell'ambiente costruito, analizzandoli e suggerendo eventuali integrazioni alle carenze riscontrate?
OS (i) Indagare quali siano i molteplici benefici prodotti da questa pratica a una sostenibilità trasversale a più domini attraverso una cornice interpretativa interdisciplinare e trovarvi riscontro.
OS (ii) Esaminare se i professionisti individuino ancora un 'valore di risorsa' negli elementi di riuso e quale importanza esso acquisisca rispetto alle altre dimensioni che motivano l'adozione di queste pratiche.
OS (iii) Identificare come le lacune e le incongruenze dettate dal quadro normativo gravino sulle pregresse barriere ai processi di riuso proprie del settore delle costruzioni e del mercato e fornire dei suggerimenti per ridurre tali ostacoli.
OS (iv) Esaminare gli esiti prodotti dall'applicazione di metodologie e strumenti esistenti alla scala urbana, individuarne vantaggi e limiti in un'ottica di gestione sostenibile del costruito, proporre integrazioni e verificarne l'efficacia
- analisi filtrata da cornice interpretativa SDGs;
- riscontro posizioni letteratura
- analisi critico-interpretativa casi studio;
- interviste a practitioners
- analisi critica cornice normativa;
- riscontro nel quadro emerso da letteratura
- analisi Reuse Design Project;
- analisi comparativa strumenti esistenti;
- applicazione a caso studio
METODI ADOTTATI

6.3. Prospettiva adottata

6.3.1. Collocazione rispetto alla ricerca esistente

L'attività di ricerca inerente al riuso di prodotti e componenti edilizi, inteso come strumento di gestione dell'ambiente costruito, si differenzia notevolmente a seconda che si prenda in considerazione l'ambito nazionale o quello europeo. Nel primo caso, la ricerca esistente si occupa principalmente di valutare i benefici ambientali indotti dai processi di riuso come alternativa al riciclaggio negli scenari di fine vita degli edifici. Tuttavia, l'ampia componente inerte che caratterizza i sistemi costruttivi tipici dello stock edilizio italiano costruito a partire dal Secondo dopoguerra, pari alla quasi totalità del materiale, riducono l'interesse nei confronti del reimpiego di elementi quale una strategia applicabile al costruito esistente. A tale circostanza contribuisce anche la necessaria analisi "caso per caso" della prestazione residua dell'elemento. In questo contesto, la ricerca sulle possibilità di gestione del fine vita del costruito esistente avviene prevalentemente in termini di analisi del ciclo di vita, giungendo all'obbligato esito in favore del riciclo in virtù della già citata rilevanza della componente inerte. Nel caso della ricerca internazionale, il tema ha acquisito in tempi recenti un ruolo importante all'interno del dibattito architettonico, suggerendo l'esistenza di risvolti positivi che esulano dal "puro valore ambientale" degli elementi reimpiegati in grado di compensare la scarsa convenienza economica dei processi di riuso. Va evidenziato come queste linee di ricerca muovano prevalentemente dalla pratica professionale, con un approccio bottom-up in alcuni casi slegato dal contesto accademico. Questa tendenza è rilevabile nell'area nordeuropea e scandinava, ove si svolge l'attività dei *practitioner* menzionati, figure che, paradossalmente, sono totalmente assenti nel contesto italiano nonostante i forti legami culturali con il concetto di preservazione in architettura.
La lettura di questa divergenza in termini di prospettive sul tema ha notevolmente influito sulla formulazione dei due propositi generali della ricerca. Quest'ultima si fonda necessariamente sugli indirizzi strategici e normativi che privilegiano il reimpiego al riciclo in termini ecologici e si inscrive nella cornice teorica dell'economia circolare. L'applicazione di queste strategie allo stock edilizio italiano ed europeo esistente può rivelarsi determinante, in vista del fatto che molti dei fabbricati che lo compongono giungeranno nei prossimi decenni a fine vita e saranno destinati a demolizione.

6.3.2. Collocazione rispetto allo stato dell'arte

Lo stato dell'arte, all'interno del perimetro di applicazione dei processi di reimpiego di elementi recuperati dal costruito esistente, delinea l'esistenza di alcune difficoltà sia a livello internazionale che nazionale. Le principali di queste sono: le tecniche costruttive tipiche del patrimonio edilizio contemporaneo, gli ostacoli determinati dal quadro normativo, una scarsa convenienza economica rispetto al riciclo, la mancanza di una filiera del riuso in edilizia e, soprattutto in ambito nazionale, l'inerzia del settore delle costruzioni. Nonostante la sua promozione da parte dei principi dell'economia circolare, di strategie, politiche e normative, dei progetti di ricerca internazionali, il riuso non è attualmente praticato quale strumento prioritario di gestione dei rifiuti da C&D, per i quali si ricorre al riciclo in tutto il territorio dell'Unione.
Sulla base di tali premesse, la ricerca intende integrare il quadro di conoscenza finora sviluppato proponendo ulteriori punti di vista rispetto a quelli convenzionalmente

pagina 214:
Fig.6.1. Elaborazione grafica schematica dei metodi adottati in relazione a research question e obiettivi specifici

riscontrati, al fine di esaminare le potenzialità del riuso e identificare possibili suggerimenti per ridimensionare le barriere che esso incontra nel settore edilizio. Da questo punto di vista, la ricerca si è orientata verso un segmento preciso del tema del reimpiego nella sfera delle costruzioni, quello che intende esplorare l'applicazione di questa strategia come strumento sostenibile di gestione del patrimonio edilizio esistente.

6.3.3. Originalità della ricerca

La ricerca si basa sull'assunto che la convenienza dei processi di riuso in edilizia sia attualmente limitata poiché ai benefici teorici che essi consentono dal punto di vista ambientale corrispondono maggiori costi economici e necessarie modifiche strutturali alle dinamiche del settore. A questo è in gran parte dovuto il carattere episodico tipico di queste strategie, se si esclude l'attività di alcuni *practitioner*.
È stato lo studio dell'approccio di questi ultimi a indurre una prospettiva alternativa a quella tradizionalmente assunta nell'indagare il tema dei rifiuti derivanti da attività di costruzione e demolizione. Se una parte della ricerca contemporanea (e in un certo senso anche la legislazione sul tema rafforza questa visione) lega i processi di riuso a un'idea di gestione ambientale dei *rifiuti*, è d'altro canto possibile considerarlo non solo quale strategia di prevenzione (e dunque di preservazione dei *prodotti*), ma anche come uno strumento progettuale vero e proprio. In questo senso, la ricerca trova una propria originalità nel connettere le strategie di reimpiego a una sostenibilità trasversale, evidenziando in particolar modo i tratti di queste azioni legati alla dimensione culturale della preservazione e alla potenzialità progettuale. Inoltre, formulando e testando strumenti per massimizzare la separazione alla fonte di componenti e materiali (attraverso l'audit pre-demolizione) e ridurre la quantità di essi diretta a riciclo, recupero di energia o conferimento in discarica, la ricerca intende promuovere i benefici ecologici determinati dal reimpiego. In tale quadro, gli strumenti operativi proposti permettono di considerare lo *urban mining* come un approccio progettuale, portandolo al di fuori del dominio della gestione ambientale del capitale artificiale secondo una logica di minimizzazione dei danni. A questo scopo, la simulazione di un processo progettuale volto al riuso di elementi edilizi intende verificare i potenziali benefici dell'applicazione di tali strategie alla gestione sostenibile del costruito esistente.
La ricerca non ha inteso approfondire in modo specifico le problematiche di ordine tecnico-economico-processuale, affidandosi per la loro individuazione in primo luogo allo stato dell'arte, bensì si è prefissata di chiarire gli ostacoli provocati dalla normativa e le loro ricadute, un tema scarsamente esplorato in letteratura.
Da questo punto di vista, le effettive "azioni originali" che la presente Tesi di Dottorato illustra sono due: i) il riconoscimento di uno spettro di valori più ampio di quello ambientale nel riuso di elementi per la gestione dell'ambiente costruito, così da incentivarne la diffusione e, auspicabilmente, una miglior definizione a livello normativo; ii) l'integrazione di un approccio da *strategic thinker* agli strumenti esistenti per l'audit pre-demolizione proposti da enti e istituzioni, testandone l'applicazione su di un caso studio.



PARTE III - ESITI DELLA RICERCA



7. Il riuso quale strategia sostenibile "oltre" il tema ambientale

L'implementazione del riuso in architettura contribuisce a ottenere ricadute più ampie di quanto non faccia il riciclo, non solo in termini ambientali, ma nell'ottica di una sostenibilità in chiave trasversale?

7.1. Premessa e procedimento di indagine adottato

Dalle linee di indirizzo e dalle politiche europee mirate a promuovere una gestione più efficiente delle risorse materiali[1] è possibile trarre alcune considerazioni in merito al ruolo che la transizione verso un modello circolare riveste nel settore edilizio. La ormai indubbia necessità di valutare l'intero ciclo di vita dei prodotti determina l'ampliamento delle considerazioni progettuali agli impatti ambientali generati dall'insieme dei processi estrattivi, produttivi, gestionali e di smaltimento relativi a ciascuno dei componenti selezionati e acquisiti per la messa in opera. Questa prospettiva promuove l'adozione di uno sguardo diverso nell'esaminare come le dimensioni di tempo e spazio si relazionano con l'edificio, in quanto

> un progetto di architettura, convenzionalmente, abbraccia l'arco di tempo che va dalla concezione alla costruzione, [tuttavia] i materiali che vi sono incorporati possiedono impatti storici ed effetti futuri che si estendono molto al di là di questa sequenza temporale (Meggers, 2017).

Tale circostanza si riflette anche sulla fase d'uso del fabbricato, poiché la differente durabilità dei prodotti impiegati all'interno di un medesimo sistema costruttivo costringe il progettista a tenere in considerazione le esternalità dettate dalle necessarie attività di manutenzione, riparazione o sostituzione degli elementi. Da questo punto di vista, i due Piani d'Azione per l'Economia Circolare (Commissione Europea, 2015; 2020) sottolineano l'incidenza della fase progettuale sulla notevole quantità di rifiuti prodotti nella sfera edilizia, un settore già rilevante in termini di consumo di risorse energetiche e materiali. Se, da un lato, tenere in considerazione la prospettiva del ciclo di vita determina una scelta più consapevole dei prodotti e sistemi costruttivi impiegati, dall'altro è essenziale che siano incentivati processi di trattamento dei materiali il più efficienti possibile in termini ambientali.

Nell'ambito della circolarità, le strategie di reimpiego – diretto o, a seguito di *remanufacture*, indiretto – garantiscono in linea teorica maggiori opportunità rispetto a quelli di riciclo. Ciò è dettato, come già ampiamente illustrato in altre

pagine 218 e 220: Cantiere di demolizione selettiva dei fabbricati residenziali multipiano di via Anelli, Padova, luglio 2020 (Elisa Zatta)

1 - Si tratta delle politiche e strategie esaminate nel capitolo 3, i cui strumenti più recenti sono i due Piani d'Azione per l'Economia Circolare del 2015 e 2020.

parti del testo, dal fatto che i processi di riuso non necessitano gli input energetici e materiali che sono invece necessari per processare i materiali attraverso trattamenti di riciclo e che non risultano, contrariamente a questi ultimi, in operazioni di *downcycling*.
Tale prospettiva indica che l'approccio volto al riuso di elementi nella pratica architettonica, quale processo circolare appartenente ai *loop* più interni, consente in prima istanza di ottenere dei risvolti positivi in termini ambientali. In parallelo, quanto discusso attraverso l'esame della letteratura suggerisce che la scelta progettuale di preservare l'integrità degli elementi edilizi consenta ulteriori vantaggi. In particolare, dalla lettura dello stato dell'arte emerge una prospettiva che contestualizza i processi di riuso in architettura all'interno di una sostenibilità che si estende oltre la cornice ambientale, arrivando a coinvolgere il dominio economico, il dominio sociale, nonché quello culturale.
Allo scopo di raggiungere l'OS (i), è necessario verificare la capacità dei processi di reimpiego di contribuire a una sostenibilità trasversale, esaminando se tale circostanza rappresenti una ulteriore convenienza degli stessi rispetto a quelli di riciclo. Tale indagine si sviluppa in due fasi.
Una prima parte contestualizza le caratteristiche dei processi di riuso all'interno degli Obbiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (SDGs). La scelta di impiegare questa cornice interpretativa è dettata dal fatto che essa sia condivisa a livello internazionale e che individui in modo trasversale i molteplici campi in cui è necessario perseguire la sostenibilità, individuando le interrelazioni che sussistono tra di essi. Per questa ragione gli SDGs sono stati introdotti nel paragrafo 3.1.3 in relazione ai contributi che, nel settore delle costruzioni, la transizione verso modelli circolari di produzione e consumo potrebbe apportare in ottica sostenibile. In particolare, è stato individuato come l'incentivo dei processi circolari possa favorire il raggiungimento dei Goal 8, 9, 11 e 12, ottenendo in tal modo dei vantaggi nelle tematiche da essi affrontate. In riferimento a tale quadro, sintetizzato nella figura 7.1, viene dunque approfondita la capacità, da parte del reimpiego di elementi edilizi, di promuovere benefici sostenibili e superiori a quelli del riciclo anche in virtù della loro trasversalità.

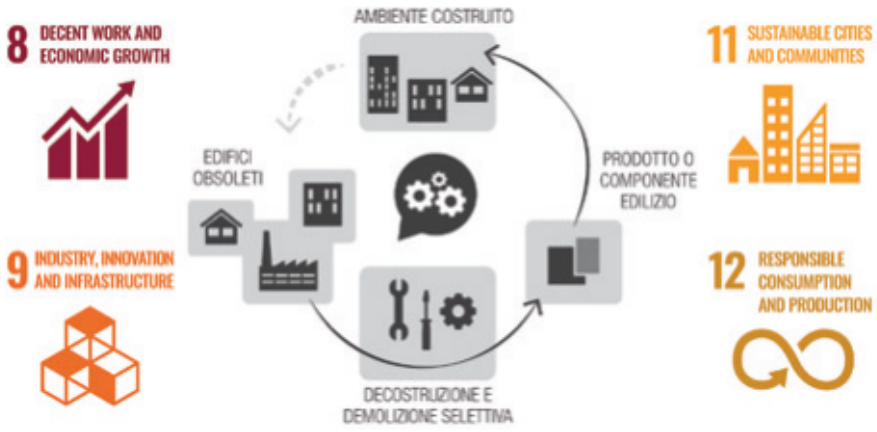


Fig. 7.1. Valutazione dei benefici apportati dai processi di riuso in edilizia nel quadro degli SDGs 8, 9, 11, 12

La seconda parte si propone di verificare la validità di quanto emerso compiendo un'analisi delle posizioni emergenti dalla letteratura e indagando se esse offrano riscontro alla prospettiva formulata sulla base dell'esame degli SDGs. Ciò avviene offrendo una lettura del fenomeno dal punto di vista della ricerca sul tema[2], individuando le diverse accezioni acquisite dal riuso di prodotti

2 - Si ritiene adeguato, ai fini di una maggiore esaustività, prendere in considerazione in questa sede sia la ricerca condotta all'interno dell'ambito accademico che quella "*bottom-up*" dei progettisti attivi sul campo. Si considera ridondante, in questo contesto, analizzare nuovamente le posizioni di Stahel, le quali ricorrono più volte nei capitoli precedenti in sostegno dei contributi trasversali alle tre dimensioni della sostenibilità

e componenti in architettura come strategia sostenibile.

7.2. Contributi del reimpiego di elementi edilizi agli SDGs

Goal 8: favorire il tessuto produttivo locale e l'occupazione

Tra le caratteristiche della filiera del riuso, come per quelle di riparazione e *remanufacturing*, vi è lo sviluppo del *network* all'interno di un perimetro geografico per lo più locale o regionale. Al contrario, l'industria del riciclo, avvalendosi di puntuali grandi impianti di trattamento con funzione di "nodi" in una estesa rete territoriale, è caratterizzata da una scala notevolmente maggiore. Per queste ragioni, l'implementazione del segmento del reimpiego di elementi all'interno della sfera edilizia andrebbe a coinvolgere in primo luogo il tessuto produttivo locale, incentivando l'attività e i profitti delle PMI esistenti (Stahel, 2019) e promuovendo, inoltre, la nascita di nuove imprese specializzate. Ciò si tradurrebbe in un ampliamento dell'offerta sia dal punto di vista delle lavorazioni a disposizione che da quello dell'occupazione, non solo incrementando il numero di posizioni aperte nel settore, bensì anche l'eterogeneità delle stesse.

Focalizzandosi sulla ottimizzazione degli stock e la conservazione del loro valore nel tempo, questa filiera include attività di riuso, riparazione e *remanufacturing*, le quali "comprendono le fasi di smontaggio, pulizia, controllo qualità, che sono [invece] assenti nella nuova produzione" (Stahel, 2013). Tale circostanza suggerisce come, incentivando le attività economiche legate al riuso, aumenterebbe la richiesta di manodopera, qualificata e non qualificata, artigianale e specializzata. In questa prospettiva, nel campo dell'architettura, sarebbe inoltre richiesta l'introduzione nel settore di specifiche figure professionali per la gestione delle attività di decostruzione selettiva e di approvvigionamento incentivando, a monte, la formazione delle stesse. Al contrario, l'industria del riciclo non permette di ottenere delle ricadute così diffuse né in termini di incentivi alle PMI locali né a livello di offerta occupazionale e crescita del capitale umano.

In questa prospettiva, i vantaggi dettati dall'implementazione dei processi di reimpiego, contribuiscono al Goal 8, che sostiene "la promozione di una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, [di un'] occupazione piena e produttiva e un lavoro dignitoso per tutti" (UN, 2015). L'attivazione della filiera del riuso permetterebbe infatti di "ottenere livelli più elevati di produttività economica attraverso la diversificazione (…) e un focus sui settori dall'alto valore aggiunto e ad elevata intensità di manodopera", come auspicato dal target 8.2. Al contempo, promuoverebbe "attività produttive, creazione di lavoro dignitoso, imprenditorialità, creatività e innovazione, incoraggiando la costituzione e crescita di PMI", favorendo in tal modo gli obbiettivi espressi dal target 8.3. Al di là degli aspetti economici e sociali, il fatto che le strategie di riuso permettano, grazie all'estensione della vita utile dei prodotti, di mantenere in circolazione per più tempo le risorse materiali determina ulteriori benefici in termini ambientali. L'implementazione strutturata di questi processi consentirebbe, in tale prospettiva, lo sviluppo di un settore dai duplici risvolti positivi, poiché esso trarrebbe vantaggi economici dalla contestuale diminuzione di rifiuti e domanda di materie prime, favorendo al contempo l'occupazione e lo sviluppo del tessuto produttivo locale. Tali circostanze evidenziano i contributi del reimpiego alle azioni promosse dal target 8.4, che si propone di "migliorare progressivamente, entro il 2030, la

da parte delle strategie circolari dei *loop* più interni.

gestione efficiente delle risorse nella produzione e nel consumo e di sforzarsi di disaccoppiare la crescita economica dalla degradazione ambientale".

Goal 9: sostenibilità e innovazione di processo nel settore edilizio

L'applicazione delle strategie di reimpiego nel settore delle costruzioni consentirebbe, in ottica del ciclo di vita, una più efficiente gestione del capitale artificiale attraverso la sua preservazione. Il riutilizzo degli elementi edilizi evita non solo l'estrazione delle materie prime necessarie alla fabbricazione di nuovi prodotti, ma anche tutti gli altri impatti ambientali legati alla filiera produttiva, come il consumo di energia e la produzione di emissioni realizzati nel corso di manifattura, trasporti, messa in opera, manutenzione e gestione del fine vita. In quanto strategia di prevenzione dei rifiuti, inoltre, il reimpiego non include gli elementi ancora riutilizzabili nei flussi materiali diretti a riciclo, recupero o conferimento in discarica, ritardando l'eventualità di questi trattamenti per mezzo dell'estensione della vita utile dei prodotti e componenti. Tale approccio permette di "valorizzare" l'energia e il carbonio già incorporati nell'elemento, ammortizzando in un tempo più lungo i relativi impatti. Questa prospettiva non è applicabile nel caso dei processi di riciclo, poiché le trasformazioni che essi comportano, risultanti nella produzione di una MPS differente dal materiale di partenza, non possono essere ritenute strategie di prolungamento della vita utile. Al contrario, invece di sfruttare la prestazione residua ancora presente nell'elemento, i trattamenti di riciclo producono in molti casi un esito dalle proprietà inferiori, ovvero un *downcycling*. Da questo punto di vista, se implementato nella filiera delle costruzioni, il riuso si propone come una strategia dai molteplici contributi agli obbiettivi perseguiti dal Goal 9, "costruire una infrastruttura resiliente, promuovere una industrializzazione inclusiva e sostenibile, promuovere l'innovazione" (UN, 2015). Il reimpiego incrementa l'efficienza dell'uso delle risorse e incoraggia pratiche più sostenibili, riducendo la domanda di materie prime e promuovendo dei processi industriali che coniugano una maggior preservazione dell'ambiente naturale con un potenziale di sviluppo e innovazione nella filiera. Tali vantaggi si dimostrano in linea con il target 9.4, che si propone di "riconfigurare e ammodernare i settori industriali per renderli sostenibili, aumentando l'efficienza nell'utilizzo delle risorse e adottando tecnologie e processi più puliti e sani per l'ambiente".

Goal 11: coniugare la sostenibilità ambientale e culturale dell'ambiente costruito

Il tema della gestione efficiente delle risorse acquista rilevanza nel contesto degli insediamenti urbani, sui quali è necessario agire per via dei considerevoli impatti ambientali dettati dalle esternalità del modello di produzione e consumo corrente. Da questo punto di vista, le strategie di riuso si dimostrano funzionali al target 11.b, che incoraggia in questi contesti l'adozione di piani per una gestione efficiente delle risorse, e al target 11.6, volto a "ridurre lo sfavorevole impatto ambientale pro capite" delle aree urbane. Le dinamiche di riduzione dell'impronta ecologica non sono, tuttavia, le sole a concorrere alla effettiva sostenibilità delle città contemporanee e, soprattutto, future. Le città rappresentano un tassello fondamentale nella transizione verso un futuro sostenibile, se si considera che entro il 2050 ospiteranno quasi il 70% della popolazione mondiale (Lendager e Vind, 2018). In questo senso è necessario garantire che la loro sostenibilità si concretizzi sia negli impatti ambientali che nella qualità della vita degli abitanti, come promosso dal Goal 11 relativo a "città e insediamenti umani inclusivi,

sicuri, duraturi e sostenibili". Questa prospettiva si fa portavoce di una visione della sostenibilità trasversale alle tre dimensioni ambientale, economica e sociale, suggerendo anche il coinvolgimento del dominio culturale. Se si considera infatti "il ruolo che la costruzione degli edifici e gli edifici stessi giocano nel promuovere le tradizioni culturali regionali e locali, supportando la vita di comunità e l'economia, e contribuendo alla trama e all'umanità dell'ambiente costruito" (Powter e Ross, 2005) emerge con chiarezza l'importanza che la produzione di architettura assume nel generare insediamenti umani di qualità. La stessa Agenda 2030 dipinge le città quali "hub di idee, commercio, cultura, scienza, produttività, sviluppo sociale e molto altro"[3], sottolineando le molteplici dimensioni di una sostenibilità "materializzata" nell'ambiente costruito stesso. Da tale punto di vista appare fondamentale preservare le risorse naturali che permettono alle aree urbane di prosperare insieme al loro capitale culturale, inscindibilmente connesso alla trama del tessuto urbano. Le pratiche di reimpiego hanno contribuito a realizzare nei millenni una *tabula scripta* permanente e mutevole al tempo stesso, come esaminato diffusamente nel paragrafo 2.2, preservando il prodotto di una specifica cultura materiale nella sua integrità e favorendo in tal modo una sostenibilità al tempo stesso ecologica e culturale. Se

> preservare il capitale artificiale significa anche preservare al contempo le abilità e il know-how che ne sono propri (Stahel, 2013),

il riuso di elementi edilizi permette di coniugare l'efficienza materiale alla conservazione dei tratti culturali di questo capitale, insieme alle competenze tecniche che lo hanno prodotto. Tali benefici non possono essere indotti dall'incentivo dei processi di riciclo. Questi ultimi, oltre a non dimostrare una efficienza in termini ambientali pari a quella del riuso, non permettono di conservare l'integrità degli elementi edilizi, materiale, formale e semantica al tempo stesso. La prospettiva così delineata dimostra come l'attivazione della filiera del riuso rivesta un ruolo rilevante nella promozione degli obbiettivi del target 11.4, relativo alla protezione e salvaguardia del "patrimonio mondiale culturale e naturale".

Goal 12: estendere la vita utile per limitare gli impatti ambientali

I vantaggi più diretti di un incentivo dei processi di riuso nel settore edilizio, nonché quelli più significativi considerando gli obbiettivi sostenuti dalle politiche europee in tema di risorse, clima ed energia, sono quelli relativi alla auspicata riduzione dei rifiuti da C&D. Le strategie di reimpiego, come già accennato in merito alle attività economiche che andrebbero a incentivare, sono finalizzate all'estensione della vita utile dei prodotti e componenti. Se applicate a un settore dall'impronta ecologica notevole quale quello delle costruzioni, esse potrebbero dimostrarsi uno strumento efficace per incrementarne la sostenibilità in termini di preservazione delle risorse naturali e di ottimizzazione di quelle già in circolazione, soprattutto in un'ottica di gestione del capitale artificiale per mezzo dello *urban mining*. Questo scopo viene rimarcato dal Goal 12, "assicurare modelli di produzione e consumo sostenibili" che intende promuovere l'impiego efficiente delle risorse al fine di conseguire molteplici vantaggi in termini di sostenibilità. In questi termini, l'attivazione di processi di reimpiego nel settore delle costruzioni permetterebbe

3 - https://www.osce.org/sustainable-development-goals/11-Cities [09.2020].

di diminuire le esternalità attraverso il mantenimento in circolazione dei prodotti e componenti ancora riutilizzabili. Questo tipo di strategie sono veicolate anche dai processi di riciclo, che tuttavia comportano ulteriori carichi ambientali oltre che, come già accennato in più punti della ricerca, vedere la loro efficacia limitata dalla legge dell'entropia. Il riuso, in quanto strategia di prevenzione dei rifiuti, rappresenta invece uno strumento più idoneo per gestire in modo eco-compatibile "tutti i rifiuti durante il loro intero ciclo di vita, (…) e ridurre sensibilmente il loro rilascio in aria, acqua e suolo per minimizzare il loro impatto negativo sulla salute umana e sull'ambiente", come promosso dal target 12.4. Inoltre, l'efficacia di questi processi è rimarcata dalla volontà di ridurre la "produzione di rifiuti attraverso la prevenzione, la riduzione, il riciclo e il riutilizzo", come espresso dal target 12.5 in accordo con la Gerarchia dei rifiuti.

Trasversalità dei contributi

Come emerge dalla contestualizzazione operata, l'attivazione di processi di riuso nel settore edilizio permetterebbe di ottenere dei benefici trasversali a diversi ambiti. I contributi agli SDGs individuati dimostrano infatti spesso di essere pertinenti a più sfere della sostenibilità, intesa nelle sue quattro dimensioni economica/produttiva, sociale, culturale ed ambientale, quest'ultima considerata sia per l'ambiente naturale che per quello urbano.
Gli esiti emersi dall'indagine condotta sono sintetizzati dalla figura 7.2.

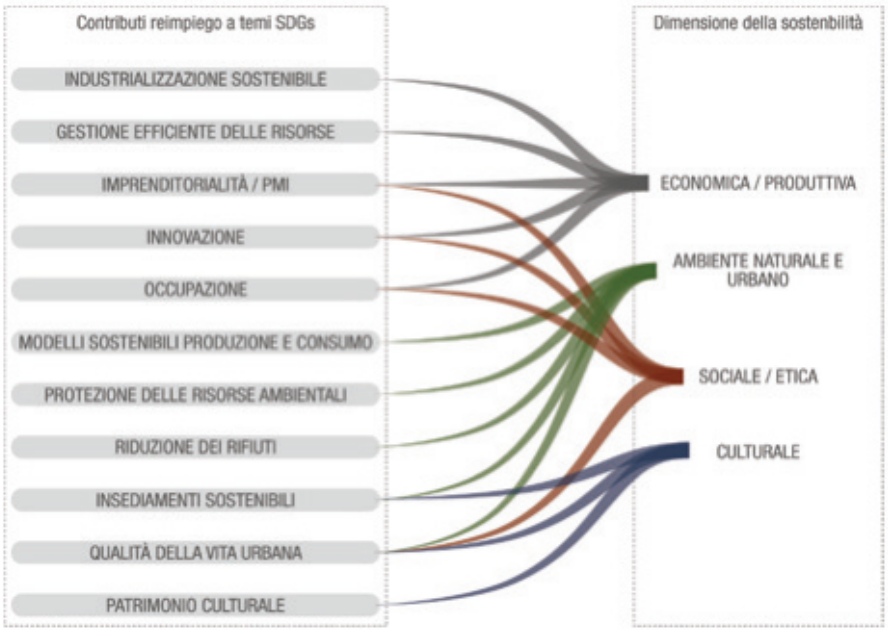


Fig. 7.2. Contributi dei processi di reimpiego ai temi espressi dagli SDGs 8, 9, 11 e 12 e loro relazione con le quattro dimensioni della sostenibilità

7.3. Le posizioni della letteratura e della ricerca contemporanea

L'indagine svolta nel paragrafo precedente delinea numerose ricadute positive consentite dalla promozione dei processi di riuso, emerse vagliando le caratteristiche proprie di questa filiera attraverso le linee guida indicate dagli SDGs. Favorendo produttività e occupazione per le PMI, nonché incentivando industrie sostenibili e innovazione, essi produrrebbero infatti benefici in relazione alle dimensioni economico-produttiva e sociale. Inoltre, come strategia di prevenzione, non solo permetterebbero riscontri in termini ambientali preservando l'ambiente e riducendo rifiuti ed esternalità, ma conserverebbero, unitamente alla dimensione formale dell'elemento di reimpiego, anche una dimensione culturale. Allo scopo di verificare la validità delle deduzioni formulate, si ritiene funzionale all' OS (i) esaminare se la ricerca esistente e posizioni teoriche sul tema vi offrano riscontro, analizzando tali punti di vista nella prospettiva dei quattro macro-ambiti della sostenibilità già illustrati.

Sostenibilità economico-produttiva: efficienza e innovazione di una nuova filiera

Il reimpiego di elementi edilizi può avvenire ove vi siano le condizioni per prolungare la fase di esercizio di questi ultimi, circostanza che rappresenta un fattore chiave in particolar modo nell' approccio progettuale orientato al *Design for Deconstruction*. La promozione di queste strategie indurrebbe notevoli benefici nel settore se si considera, come sostiene Chapman (2017), che "indubbiamente, il successo di un'economia efficiente nell'uso delle risorse, circolare, dipende da nuovi modelli di business in grado di sfruttare al meglio l'estensione di vita utile dei prodotti nel tempo". In questa prospettiva, la possibilità di utilizzare in altre costruzioni uno stesso prodotto o componente, a seguito del suo disassemblaggio, promuoverebbe una maggior dinamicità all'interno del settore edilizio, incoraggiando lo sviluppo di una filiera orientata verso un modello economico più circolare e una gestione più sostenibile delle risorse. Va tuttavia tenuto in considerazione che, come evidenzia Gorgolewski (2018), per mettere in atto questa transizione sono richieste notevoli modifiche non solo nell'approccio adottato dai progettisti, ma anche nell'industria stessa. Ai benefici in termini ambientali del riuso, che si traducono in una migliorata gestione delle risorse preservando il capitale naturale da un in-sostenibile sfruttamento e dalla produzione di rifiuti, lo sviluppo di una filiera più circolare può associare delle opportunità a livello economico. Il mantenimento in circolazione dei beni per un tempo più lungo risponde infatti alla prospettiva per la quale

> una volta che il rifiuto è [già] prodotto – cioè, quando una risorsa naturale è trasformata in un prodotto dalla durata di vita limitata – la società dovrebbe essere in grado di trarre un profitto dalla sua costante riformulazione (Hebel et al., 2014).

Tale punto di vista avvalora l'ipotesi che i "profitti" delle attività di reimpiego possano manifestarsi in modo trasversale a più ambiti. L'attivazione, o il potenziamento, dei settori di riuso, riparo e *remanufacture* nelle costruzioni permetterebbe di ampliare l'offerta di attività in grado di reinserire nella catena del valore i prodotti giunti a fine vita, proponendosi come un'alternativa all'industria del riciclo. Questo si tradurrebbe in un incentivo alla efficienza della sfera edilizia per mezzo di modelli innovativi di gestione delle risorse. Ciò vale a maggior

ragione se si considera lo *stock* rappresentato dal capitale artificiale ovvero, nel caso edilizio, dal costruito esistente, un ambito dal considerevole potenziale per i risvolti sulla filiera del riuso di elementi. Se adeguatamente monitorato e valorizzato attraverso l'uso di strumenti mirati a inventariare in modo quantitativo e qualitativo le risorse in esso contenute (Gorgolewski, 2018; Hillebrandt et al., 2019), il patrimonio edilizio può essere gestito come un giacimento di risorse materiali. Rau e Oberhuber (2019) sostengono che tale diffusa miniera, una volta identificatene le caratteristiche attraverso l'impiego sistematico di strumenti di classificazione e monitoraggio di flussi materiali ed elementi, potrebbe diventare un vero e proprio deposito documentato. Queste premesse delineano uno scenario nel quale è possibile immaginare i processi di *urban mining* come veri e propri strumenti progettuali forti di una rete strutturata e aggiornata tale da permettere continuità nello stoccaggio e nell'approvvigionamento delle risorse recuperate. Se si considera, inoltre, come in futuro le riserve di materiali saranno sempre più difficili da raggiungere e come ciò si rifletterà sul costo dei materiali[4] (Hillebrandt et al., 2019; Manelius et al., 2017), l'incentivazione di strategie circolari nella gestione del costruito appare ancor più auspicabile.

La convenienza del riuso in termini di sostenibilità ambientale

Altamura (2015) nota come "riuso e riciclo, e le loro sfumature intermedie, sono ormai riconosciute come strategie efficaci per la riduzione della quantità di rifiuti prodotti e gli impatti dovuti al conferimento in discarica, a minimizzare l'impiego di materie prime vergini e il fabbisogno di risorse primarie, e dunque gli impatti dovuti all'estrazione di tali risorse". Sebbene entrambi rappresentino delle strategie volte a incoraggiare una gestione efficiente delle risorse in edilizia, Chapman (2017) evidenzia come l'obbiettivo di massimizzare l'efficacia della transizione verso la circolarità richieda di incentivare i processi che garantiscono l'uso delle risorse dal rendimento più elevato in base alle proprietà delle stesse, attraverso il controllo appropriato dei flussi di materiale. Ciò significa promuovere le applicazioni di valore, limitando, ove possibile, il ricorso a processi il cui esito rappresenta un *downcycling*. Come rileva Gorgolewski (2018) nel caso dell'aggregato riciclato, "più riciclo, in verità, significa frantumare e utilizzare [il frantumato] nelle sezioni stradali o per altre necessità di scarso valore" senza individuare per il calcestruzzo giunto a fine vita delle applicazioni più innovative. L'avvio a riciclo di una larga quantità di inerti derivanti da demolizione non determina inoltre automaticamente che essi, a seguito delle attività di trattamento, vengano impiegati in modo fruttuoso. Il tema degli inerti riciclati rappresenta, sul territorio nazionale, un caso emblematico della scarsa convenienza del riciclo in termini sia ambientali che economici. Allo stato attuale, infatti, le imprese di recupero dei rifiuti minerali da C&D si trovano spesso a non incontrare sufficiente domanda rispetto alla considerevole quantità di materiale processato, a fronte dei costi molto contenuti che gli operatori sostengono per conferirveli, incorrendo così in perdite economiche[5]. La contenuta convenienza ambientale

4 - Hillebrandt et al. distinguono in questo contesto tra riserve, intese come i materiali che possono essere estratti con tecniche esistenti ed economicamente praticabili, e risorse, ovvero tutta la quantità delle medesime sostanze che non possono, per ragioni tecniche, essere estratte.

5 - "L'assenza di grandi opere e il mancato inserimento nei capitolati di appalto e nei prezzari regionali delle voci relative agli aggregati riciclati e artificiali ha causato una forte flessione della domanda di questi materiali, con il conseguente accumulo negli impianti di recupero di quantitativi di prodotto invenduto o l'utilizzo di questi materiali come riempimenti. A questo si aggiunge la mancanza di adeguati criteri

dei processi di riciclo interessa in modo particolare le aree urbane, nelle quali "la pressione imposta dai prezzi del terreno sta riducendo la durata di vita degli edifici e rendendo necessari dei livelli sempre più intensi di utilizzo del suolo. I cicli di sostituzione degli edifici si stanno analogamente abbreviando per via della sempre maggiore richiesta di costruzioni dalle prestazioni elevate, soprattutto nei Paesi industrializzati" (Hillebrandt et al., 2019). Queste circostanze dimostrano come l'ambiente costruito rappresenti un'area prioritaria sulla quale intervenire, ma anche una opportunità da cogliere per "condurre una trasformazione [in grado di] mitigare il cambiamento climatico" attuando un modello in cui le risorse "sono valorizzate e circolano, così da permettere a tutti di prosperare" (Lendager e Vind, 2019). Incentivando i processi di riuso di elementi edilizi è possibile ammortizzare su un tempo più lungo l'energia e il carbonio incorporati negli stessi, ottenendo benefici in un'ottica del ciclo di vita sia nella fase di gestione di fine vita dell'elemento stesso che attraverso la scelta di un prodotto di reimpiego rispetto a uno nuovo (Ghyoot et al., 2018).
Sebbene le valutazioni LCA necessitino di comparazioni molto approfondite, da svolgere caso per caso in relazione ai confini del sistema determinati, alcune sperimentazioni recentemente condotte confermano le supposizioni iniziali relative ai vantaggi ambientali permessi dal riuso e permettono di intravederne i benefici determinati da una applicazione più diffusa (Manelius e Nielsen, 2017). A questa sfera appartengono anche le dinamiche incentivate dallo *urban mining* le quali permetterebbero, attraverso una gestione integrata del costruito urbano, di influire positivamente proprio nei contesti "nei quali affrontiamo sfide fondamentali in termini di un consumo di risorse in continuo incremento" (Lendager e Vind, 2019).

> Qual è l'obbiettivo chiave per delle città ecologiche? Una prima affermazione per la città del futuro è che quanto le è necessario sia recuperato dall'interno del suo perimetro fisico (Joachim, 2014).

Sostenibilità in ambito sociale: investire sulle competenze
Nel quadro dello *urban mining* si inserisce la prospettiva definita da Ghyoot et al. (2018), come quella del "reimpiego come creatore di impiego". Questa visione è supportata, in linea teorica, dal legame di queste pratiche con una necessità di manodopera specializzata e non specializzata in quantità superiore a quella impiegata nelle convenzionali attività di demolizione. Sebbene, a un primo sguardo, questo possa apparire avere conseguenze solo nel perimetro delle operazioni strettamente legate al cantiere, le figure professionali connesse a questo tipo di lavorazioni appartengono a diversi rami della filiera: dall'*auditor* esperto conoscitore dei sistemi costruttivi del passato e del mercato contemporaneo agli operai impiegati nelle operazioni di decostruzione; dai lavoratori coinvolti nei processi di pulitura, riparo e ricondizionamento alle imprese che si occupano della rivendita degli elementi. L'attivazione di queste nuove dinamiche va calata, di volta in volta, all'interno del contesto socio-economico e culturale locale e possiede per questo un esito diversificato[6], in parte condizionato dal fatto che le

End of Waste che ha reso molto incerta l'attività di riciclo dei rifiuti inerti" (Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, 2019).

6 - Di questo sono rappresentative le diverse circostanze affrontate dai progettisti che hanno promosso attività finalizzate al reimpiego di elementi edilizi, come indagato nel capitolo 5. Se la consistente mole di lavoro ha consentito al collettivo Rotor di attivare lo *spin-off* Rotor Deconstruction, l'esperienza dello

attività necessarie per il recupero degli elementi possono comportare una forte incidenza della manodopera sul costo dell'elemento finale (Gielen, 2020).
Il tema della preservazione delle risorse emerge inevitabilmente in tutte le diverse letture dei processi di riuso, dato il forte legame degli stessi con una implicita idea di "economia", quale strumento con il quale ovviare a una futura scarsità[7] (o, quantomeno, alla scarsità in un futuro "troppo prossimo") esito dell'interazione dei flussi di risorse con la sfera economica, politica e sociale (Gorgolewski, 2018). Dal punto di vista sociale, etico, questo si traduce in un orientamento progettuale che mette in discussione la produzione del nuovo quale solo possibile esito del progetto stesso.

> La scarsità richiede che noi ci poniamo la domanda, 'e se, invece di aggiungere, si redistribuisse ciò che è già lì?' (Till, 2014),

Questa prospettiva mette in luce una diversa accezione con cui è possibile leggere il tema del riuso di elementi in architettura nei suoi legami con la sfera sociale. Anche in questo caso sono riconosciute le potenzialità di queste strategie quali strumento in grado di incentivare occupazione, imprenditorialità e innovazione, ma in contesti slegati da un'ottica di crescita economica. Tale lettura del reimpiego in ambito edilizio si allontana dal pregiudizio nei confronti di ciò che è riusato, in quanto segno di povertà (Gorgolewski, 2018) o scelta che si discosta dal convenzionale (Manelius e Nielsen, 2017)[8] individuando in questi elementi il loro intrinseco valore di risorsa quale strumento per sopperire alla necessità[9]. Questo approccio ricorre anche nelle situazioni di emergenza dettate da catastrofi naturali[10], oppure viene mutuato da posizioni di matrice etico-educativa, come esemplificato dall'attività di Rural Studio, circostanze spesso finalizzate, come suggerisce Gorgolewski (2018) a sviluppare competenze all'interno della comunità. La necessità di operare con i pochi materiali ed elementi a disposizione all'interno di un perimetro ristretto e con un budget risicato – se non nullo – diviene per alcuni progettisti e associazioni del terzo settore l'occasione per condurre delle vere e proprie attività di formazione. Queste ultime vedono coinvolti i volontari, interni alla comunità locale ma anche esterni alla stessa, che

studio di progettazione Vandkunsten "ha rivelato che il settore delle costruzioni è scarsamente preparato per un cambiamento verso un più efficiente e accorto utilizzo delle risorse" e ha permesso di riscontrare "una diffusa riluttanza tra i professionisti del settore" (Manelius e Nielsen, 2017).

7 - Non a caso il reimpiego di elementi e di scarti è una pratica comune nei contesti privi di mezzi economici, come gli insediamenti informali, nei quali la scarsità non rappresenta lo spettro di un futuro lontano, bensì una circostanza cui far fronte quotidianamente.

8 - In riferimento all'esperienza di reimpiego condotta sull'insediamento di Albertlund Syd, i Vandkunsten rilevano come "all'atto di mettere a confronto modelli [diversi] di abitazioni ristrutturate, gli utenti preferivano le superfici materiali nuove e convenzionali rispetto alle soluzioni di reimpiego; una preferenza parzialmente dovuta a un costo più elevato dei componenti recuperati e in parte all'estetica e alle abitudini differenti" (Manelius e Nielsen, 2017).

9 - A questo secondo ambito afferiscono le pratiche per le quali il riutilizzo di prodotti ed elementi è inevitabile, poiché "è una soluzione comune, per chi non ha altro tipo di materiale, [quella di] costruire la propria casa e decidere di farlo in autonomia, impiegando ciò che è offerto dalla strada o dalla discarica" (Firrone, 2018).

10 - Basti pensare alle *Paper Log House* progettate da Shigeru Ban e impiegate a seguito del terremoto di Kobe nel 1995. Tali unità abitative di emergenza "sono costituite da pareti create con i tubi di cartone riciclato (108mm di diametro e 4mm di spessore), fondamenta realizzate con cassette riempiti con sacchetti di sabbia o terra e la copertura di tessuto impermeabile e apribile per consentire la regolazione del passaggio dell'aria" (Cumo et al., 2015).

si impegnano nel coadiuvare il processo progettuale e costruttivo, il più delle volte condotto in autocostruzione.

La preservazione come strumento di sostenibilità culturale

Una gestione circolare, "economica", delle risorse materiali rappresenta un aspetto chiave per incentivare una sostenibilità di tipo trasversale negli insediamenti umani. In questo senso, (ri-)utilizzare l'esistente rappresenta un antidoto alla scarsità.

> Making do is about using what we already have. It is about considering the existing as a valuable resource, not as unsatisfactory or constraining (…) Making do with the existing is an opportunity to make a more sustainable master plan – that is, another way of making the city (Lacaton, 2020).

L'idea di preservazione, connaturata nella cultura architettonica italiana, consente di integrare nell'ambiente costruito una forte componente identitaria e, naturalmente, culturale. Attraverso il riuso dei fabbricati esistenti nella loro interezza, la conservazione delle risorse materiali si attua nella sua forma più efficiente se confrontata con altre strategie circolari. Si tratta dunque di un approccio in favore della sostenibilità in termini ambientali, poiché massimizza il "valore di risorsa" dell'esistente, prolungandone la vita utile attraverso interventi mirati di ristrutturazione o recupero. Evitando che un edificio sia demolito, infatti, si limita la quantità di materiale risultante da trattare o smaltire – in gran parte inerti destinati a frantumazione – contenendo anche l'energia spesa per tutte le operazioni richieste, nonché le relative emissioni. Ciò nonostante, questo approccio genera anche altre ricadute sull'ambiente costruito. Stollmann (2014) rileva che se "negli ultimi decenni la prospettiva di vita delle costruzioni si è ridotta a causa di una valutazione prevalentemente economica degli oggetti architettonici, (…) al di là della produttività economica per il proprietario, gli edifici possiedono i valori sociali, culturali ed ecologici che contribuiscono alla resilienza di una città e di una comunità" (Stollmann, 2014). Questo concetto emerge con evidenza prendendo in esame i centri storici delle città europee, i quali per dimensione, storia, trama e qualità urbana rappresentano un ambiente di vita sostenibile, ed è analogamente applicabile anche a scala di elemento edilizio[11]. In tale prospettiva, un approccio alle risorse materiali che consideri esclusivamente fattori temporali e, soprattutto, economici, "non è rappresentativo del valore di componenti materiali o interi organismi edilizi che sono stati recuperati con successo" (Manelius et al., 2017). Ciò ha indotto il gruppo di ricerca di *Nordic Built Component Reuse*[12] non solo a formulare la *working hypotesis* secondo la quale "i materiali e componenti di reimpiego hanno un valore potenziale in termini di cultura, energia ed economia tale da essere preservato e potenziato", ma anche ad inserire il concetto di *Rebeauty* nel titolo del progetto stesso. Tale posizione è

11 - Se il tessuto urbano, pur possedendo emergenze architettoniche, è composto in maggior parte da quella architettura diffusa che Nardi (1994) considera prodotto della cultura materiale, analogamente ai componenti edilizi ritenuti di pregio per materiale, lavorazione ed epoca di produzione si affianca una molto più considerevole quantità di elementi "minori" ma ugualmente testimoni del *know-how* che li ha prodotti.

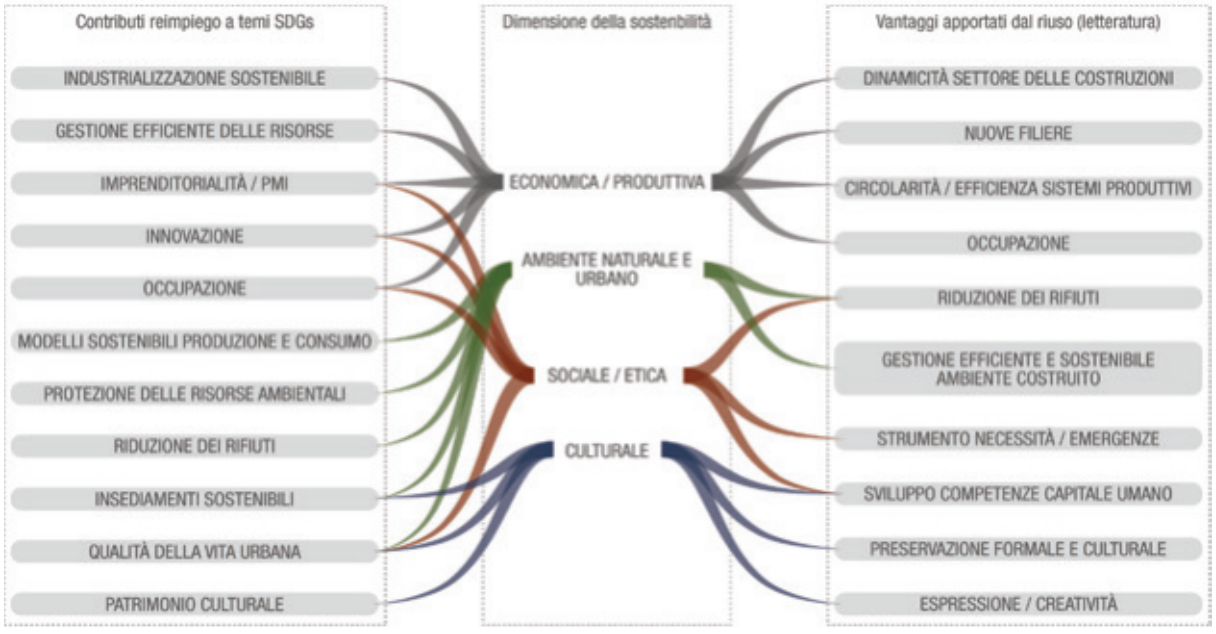
12 - Come approfondito nel capitolo 5, questo termine è definito dagli architetti come "l'esplorazione artistica di strategie per recuperare componenti edilizi (…) [implicando che] la nozione del bello continuerà a cambiare e che l'abitudine culturale all'estetica del *weathering* e dell'uso precedente va promossa come parte della transizione verso un settore circolare delle costruzioni".

rispecchiata dai parametri impiegati per la valutazione di sostenibilità dei prototipi che, oltre a una valutazione ambientale sulla base di un'analisi del ciclo di vita degli stessi, ha affiancato altri otto criteri tra cui uno di tipo culturale (Manelius et al., 2017). L'approccio progettuale adottato dai *practitioner* nei confronti degli elementi architettonici di riuso suggerisce che, se i molteplici "valori di risorsa" in essi individuati possono costituire motivazioni alla base della decisione di reimpiegarli, anche un divertito interesse di tipo espressivo-formale possieda una certa rilevanza. Questo tratto caratterizza in particolar modo gli interventi di *superuse*, nei quali i progettisti individuano un impiego per l'elemento in base alle sue caratteristiche materiali, prestazionali e formali, dotandolo tuttavia di una funzione che nulla ha a che vedere con quella per cui è stato prodotto. In questo senso, non è un caso che la denominazione di questa pratica sia spesso tradotta in italiano come "riuso creativo", espressione che fa riferimento alla presenza di una buona dose di componente ludica nello "sperimentare a livello estetico e funzionale dei materiali di scarto" (Firrone, 2018). Non va inoltre sottovalutato il fatto che nell'ultimo decennio i temi relativi all'economia circolare siano diventati uno dei tanti *trend* legati al concetto di sostenibilità (basti pensare a settori come il *food*, la moda e l'arredo), purtroppo spesso e volentieri senza una reale consapevolezza da parte degli utenti, ma con una notevole confusione concettuale e terminologica.

Trasversalità dei contributi

La lettura compiuta delle posizioni teoriche e della ricerca esistente sul tema dei benefici offerti dai processi di riuso a una sostenibilità trasversale offrono riscontro a quanto emerso dal paragrafo 7.2, come sintetizzato dalla figura 7.3.

Fig. 7.3. Quadro complessivo dei contributi promossi dai processi di riuso alle varie sfere della sostenibilità



7.4. Conclusioni. Gli apporti del reimpiego ai quattro macro-ambiti della sostenibilità

Nel determinare se l'adozione dei processi di riuso consenta di ottenere potenziali ricadute positive oltre a quelle ambientali, gli apporti di queste strategie sono stati "filtrati" attraverso due lenti diverse. La prima impiegata è stata quella più "istituzionale" rappresentata dagli Obbiettivi per lo Sviluppo Sostenibile, mentre la seconda è quella emergente dalla ricerca contemporanea sul tema, condotta sia in ambito accademico che dai *practitioner*.
Dalla prima parte dell'indagine si evince che la promozione dei processi di reimpiego possa produrre dei benefici in più ambiti. Il primo è quello economico-produttivo (sostenibilità industria, uso efficiente delle risorse, innovazione) e dei relativi risvolti anche sulla sfera sociale coinvolta localmente (PMI, occupazione, imprenditorialità). Il secondo è quello ambientale (gestione delle risorse naturali, protezione dell'ambiente, riduzione dei rifiuti prodotti), mentre il terzo afferisce all'ambito urbano sia in termini di una migliore qualità della vita che di preservazione del patrimonio culturale (insediamenti sostenibili).
Nella seconda parte emerge come le pratiche di reimpiego permettano di promuovere una sostenibilità comprensiva in architettura attraverso uno sguardo orientato alle applicazioni nel settore edilizio e nella gestione dell'ambiente costruito. Da un lato, infatti, l'adozione di pratiche circolari può agevolare l'innovazione e l'efficienza nell'uso delle risorse, determinando benefici in ambito economico, ecologico e di occupazione. Dall'altro, l'applicazione delle strategie di riuso si può rivelare uno strumento utile per incrementare la sostenibilità delle aree urbane dal punto di vista ambientale e culturale, attraverso una preservazione materiale dettata anche dalle caratteristiche formali degli elementi.
È dunque possibile comporre un quadro complessivo dei vantaggi trasversali ai quattro macro-ambiti della sostenibilità che possono trarre giovamento dall'implementazione dei processi di riuso di elementi nel settore edilizio.
Le interrelazioni evidenziate dalla figura 7.2, illustrata al termine della prima parte dell'indagine, vengono in tale modo integrate dai riscontri ottenuti attraverso la seconda parte dell'analisi, secondo le ulteriori connessioni individuate dalla figura 7.3.

7.5. Bibliografia di capitolo

Altamura P., 2015. Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia. Milano: FrancoAngeli

Angélill M., Siress C., 2020. The Matter of Construction: Seismic Overhaul or Tweaking the Status Quo? In: Ruby I., Ruby A., (eds.), *The Materials Book*, pp. 9-24. Berlin: Ruby Press

Chapman J., 2017. Product Moments, Material Eternities. In: Baker-Brown D., *The Re-Use Atlas. A Designer's Guide Towards The Circular Economy*. Riba Publishing: London, pp. 161-165.

Commissione Europea, 2015. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione Europea per l'economia circolare. COM (2015) 614

Commissione Europea, 2020. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e più competitiva. COM (2020) 98

Cumo F., Sferra A.S., Pennacchia E., 2015. Uso disuso riuso: Criteri e modalità per il riuso dei rifiuti come materiale per l'edilizia. Milano: FrancoAngeli

Firrone T., 2018. Recovery and Re-use of Building Materials and Components in Architecture. In: *SMC* 8, pp. 71-77

Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, 2019. L'Italia del riciclo 2019. Sintesi. https://www.fondazionesvilupposostenibile.org/ [10.2020]

Ghyoot et. al, 2018. Décontruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

Gielen M., 2020. Reuse Economy. In: Ruby I., Ruby A., (eds.), *The Materials Book*, pp. 161-168. Berlin: Ruby Press

Gorgolewski M., 2018. Resource Salvation: The Architecture of Reuse. Hoboken (USA): Johns Wiley & Sons Ldt.

Hebel D.E., Wisniewska M.H., Heisel F., 2014. Building from waste. Recovered materials in architecture and construction. Basel: Birkhäuser

Hillebrandt A., Rieger-Floors P., Rosen A., Seggewies J.-K., 2019. Manual of Recycling: Building as Sources of Materials. Munich: Edition Detail

Joachim M., 2014. City and Refuse. Self-Reliant Systems and Urban Terrains. In: Hebel D.E., Wisniewska M.H., Heisel F., *Building from waste. Recovered materials in architecture and construction*, pp. 21-26. Basel: Birkhäuser

Lacaton A., 2020. Make do. In: Ruby I., Ruby A., (eds.), *The Materials Book*, pp. 9-24. Berlin: Ruby Press

Lendager A., Vind D.L., 2018. A changemaker's guide to the future. Copenaghen: Lendager Group

Manelius A-M., Nielsen S., 2017. Rebeauty: Nordic Built Component Reuse. Copenhagen: Vandkunsten Architects. https://vandkunsten.com/content//2019/01/NBCR-20170201-web.pdf [09.2020]

Manelius A-M., Nielsen S., Kauschen J.S., 2017. Rebeauty – Artistic Strategies for Repurposing Material Components. In: I*OP Conference Series: Earth and Environmental Science* 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012023

Meggers F., 2017. Use-full: embodied entropy in an architecture of moving parts. In: Benjamin D. (ed.), *Embodied energy and design: making architecture between metrics and narratives*, pp.117-130. New York: Columbia University GSAPP / Lars Müller Publishers

Nardi G., 1994 [1986]. Le nuove radici antiche: saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura. Milano: Franco Angeli

Powter A., Ross, S., 2005. Integrating Environmental and Cultural sustainability for Heritage Properties. In: *APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology,* 36(4), 5-11. http://www.jstor.org/stable/40003157

Rau T., Oberhuber S., 2019. Material matters: L'importanza della materia. Un'alternativa allo sfruttamento. Milano: Edizioni Ambiente

Stahel W., 2013. Policy for material efficiency – sustainable taxation as a departure from the throwaway society, *Philosophical Transaction of the Royal Society,* A 371: 20110567. Published by the Royal Society. http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2011.0567

Stahel W., 2019. The circular economy: a user's guide. New York: Routledge

Stollman J., 2014. Hands off: Urban Mining! A plea for the re-evaluation of substandard housing.

In: Hebel D.E., Wisniewska M.H., Heisel F., *Building from waste. Recovered materials in architecture and construction*, pp. 26-31. Basel: Birkhäuser

Till J., 2014. Scarcity and Agency. In: *Journal of Architectural Education*, 68 (1), pp. 9-11. DOI: 10.1080/10464883.2014.864894

UN (United Nations), 2015. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1. United Nations. https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld [09.2020]

8. La cultura materiale nell'interpretazione contemporanea del reimpiego in architettura

Il reimpiego di elementi edilizi in architettura è considerato, da chi lo pratica al giorno d'oggi, uno strumento di preservazione della cultura materiale?

8.1. Premessa e procedimento di indagine adottato

8.1.1. Analisi dei casi studio: definizione dei parametri

Le posizioni emergenti dalla ricerca (paragrafo 7.2) permettono di ricondurre i potenziali contributi delle pratiche di reimpiego di elementi in architettura alle quattro macro-sfere della sostenibilità: economica(-produttiva), ambientale (ambiente naturale e urbano), sociale(-etica) e culturale[1]. Tale prospettiva rispecchia la lettura del medesimo fenomeno compiuta attraverso i target degli SDGs (paragrafo 7.1) evidenziandone, grazie al taglio applicativo dei progetti di ricerca e all'attività sul campo condotta dai professionisti, gli effettivi riscontri pratici. L'individuazione di potenziali vantaggi trasversali in termini di sostenibilità induce a indagare se essi costituiscano un motivo della diffusione delle strategie di riuso di elementi nella pratica architettonica contemporanea, nonché quale importanza rivestano in questi termini. Lo sviluppo di tale indagine è messo in relazione con i temi affrontati nei paragrafi 2.2 e 2.3, nei quali si è approfondito come, nel corso della storia, il reimpiego in architettura fosse spesso motivato da ragioni che esulavano dal solo interesse funzionale. Se, in età antica e medievale, il riuso di elementi edilizi costituiva il veicolo di contenuti di tipo simbolico, questi ultimi emergono anche nel corso del Secondo Novecento, assumendo delle sfumature etico-ambientali in parallelo alla presa di coscienza della cosiddetta "crisi ecologica" e della critica al consumismo condotta dalla Controcultura.
Queste riflessioni delineano come alle radici delle pratiche di riuso risieda l'identificazione di un "valore di risorsa" nell'elemento, che ne determina la preservazione, e come tale valore non dipenda esclusivamente dalle funzioni costruttive assolte. Per conseguire l'OS (ii) è necessario comprendere quale sia l'interpretazione contemporanea che i progettisti danno delle strategie di reimpiego di elementi edilizi attraverso l'esame delle ragioni che motivano

1 - Nonostante l'ultima di queste non sia considerata convenzionalmente uno dei tre pilastri, le stesse Nazioni Unite rimarcano come essa costituisca "chi siamo e ciò che modella la nostra identità. Nessuno sviluppo può essere sostenibile senza includere la cultura" (https://en.unesco.org/themes/culture-sustainable-development [10.2020]). Il tema della *cultural sustainability* è ormai consolidato nel dibattito architettonico, in particolar modo in relazione all'ambiente costruito se si considera che "il patrimonio culturale presenta varie dimensioni: culturale, fisica, digitale, ambientale, umana e sociale. Il suo valore, sia intrinseco che economico, dipende da tali diverse dimensioni e dal flusso dei servizi ad esse collegati" (Commissione Europea, 2014).

l'approccio da essi adottato. La costruzione di tale cornice permette di identificare quale sia la rilevanza della componente culturale e come si relazioni con gli altri motivi parimenti identificati.
A questo scopo viene prodotta una schedatura di un campione di 20 architetture realizzate con prodotti e componenti di riuso tra il 2000 e il 2020 ed esaminate attraverso una duplice angolazione. Da un lato, infatti, si procede a un'analisi di tipo descrittivo, con particolare attenzione a caratteristiche e funzione degli elementi reimpiegati e alle conseguenze che ciò ha comportato in termini progettuali. Dall'altro si adotta una prospettiva critico-interpretativa nell'approfondire le ragioni alla base della decisione di impiegare prodotti e componenti di recupero. Tale esame si fonda sul presupposto che la scelta dei progettisti possa muovere da motivazioni diverse, spesso compresenti all'interno del processo progettuale[2].
Ciò determina come non si indaghi esclusivamente la presenza di una componente di tipo culturale ma che, al contrario, la sua presenza vada contestualizzata in relazione anche ad altri parametri ai quali fare riferimento.
Per la definizione di altri criteri in base ai quali indagare l'approccio progettuale volto al reimpiego ci si avvale, come già anticipato, di una lettura, trasversale a più epoche, delle ragioni che lo motivano. Si è quindi brevemente esaminato come queste ultime siano evolute nel tempo, a partire dall'età antica fino alla contemporaneità, per verificarne il carattere di permanenza e quale fossero le differenti accezioni da esse assunte nel tempo, in particolar modo nel Novecento. In merito a questa fase più recente sono state esaminate le posizioni di alcuni autori dell'ambito accademico, riservando l'approfondimento del punto di vista dei professionisti all'indagine condotta nel paragrafo 8.2.
Il procedimento analitico-comparativo descritto è illustrato nella tabella 8.1:

Età antica e Medioevo (Esch, 1998, De Lachenal, 1995)	Secondo dopoguerra (M. Scolaro, 2017; S. Wood, 2012)	Età contemporanea, "condizioni contestuali" (Monsù Scolaro, 2017)	Età contemporanea, "opportunità" (Gorgolewski, 2018)
puro valore materiale		scarsità	
valutazione estetica		gusto estetico; sperimentazione	opportunità estetiche/formali
		volontà di autorappresentazione	
valore simbolico	etico (consumismo)	materiali a disposizione nell'area locale	sviluppo economia locale
	ambientale; preservazione delle risorse	sensibilità di tipo ambientale	ambientale; preservazione delle risorse
	sociale (comunità)		sviluppo competenze comunità
[tendenza antiquaria]			

Tab. 8.1. Evoluzione delle motivazioni alla base del riuso, individuate dalla letteratura

Tale riflessione ha quindi permesso di definire – raggruppando in modo tematico le accezioni individuate – dei macro-ambiti ai quali è possibile ricondurre le ragioni che motivano le scelte progettuali di reimpiego, di seguito elencati:

2 - Tale interconnessione appare naturale se si considera queste motivazioni relazionandole con i benefici che i processi di riuso potrebbero apportare alla sostenibilità comprensiva, come emerge dalla fig. 7.3 a conclusione del capitolo 7.

(i) sociale/etico (necessità economica, matrice anticapitalista, sviluppo locale, interesse per la comunità);

(ii) di espressione formale (creatività, sperimentazione, volontà di autorappresentazione, trend);

(iii) ambientale (preservazione delle risorse, sensibilità nei confronti del cambiamento climatico, inquinamento).

Nell'esame dei casi studio, a questi parametri si aggiunge naturalmente quello

(iv) culturale (preservazione della cultura materiale[3]),

ai fini dell'OS (ii) e come suggerito dalle molteplici indicazioni derivanti dallo stato dell'arte derivante (Ghyoot et al., 2018; Gorgolewski, 2018; Manelius et al., 2017; Manelius e Nielsen, 2019; Reike et al., 2018; Stahel, 2013 e 2019).

8.1.2. Interviste ai practitioner: processo preparatorio

Tra i molteplici motivi del riuso di cui si è indagata la presenza nelle architetture contemporanee attraverso l'esame dei casi studio, il corrente paragrafo intende approfondire l'importanza che il tema della preservazione culturale riveste per i *practitioner*. Come anticipato nel capitolo 6, ciò è finalizzato al comprendere se sia effettivamente ancora presente, come la letteratura suggerisce, una accezione culturale nel "valore di risorsa" degli elementi di riuso tra le ragioni che inducono i professionisti ad adottare queste strategie. Tale argomento si inserisce nel quadro dell'ambiente costruito quale *tabula scripta* e implica un interesse dei progettisti mirato alla preservazione delle risorse materiali attraverso la conservazione dell'integrità degli elementi favorendo, al contempo, la preservazione della "cultura incorporata" (Ghyoot et al., 2018) in essi.

Per raccogliere le informazioni necessarie a conseguire l'OS (ii) sono state condotte tre interviste qualitative semi-strutturate a dei *practitioner* europei attivi nel settore. Le prime due si sono svolte a Bruxelles il 13 dicembre 2019 e hanno coinvolto Arne Vande Capelle per Rotor asbl e Cécile Guichard per Rotor DC, mentre la terza intervista, svolta a Copenhagen il 18 febbraio 2020, ha riguardato Nicholas Duxbury Ransome per Lendager Group.

La scelta del tipo di intervista è stata dettata dall'interesse della ricerca nelle "opinioni e punti di vista che l'intervistato *ritiene* importanti (l'enfasi è sulla prospettiva individuale, sull'esperienza e sul senso dato a tale esperienza da parte dell'individuo)" (Sala, 2010), come esplicitato dal testo stesso della RQ (ii): "il reimpiego di elementi edilizi in architettura è considerato, *da chi lo pratica al giorno d'oggi*, uno strumento di preservazione della cultura materiale?". La successiva tabella 8.2, redatta sulla base della traccia fornita da Sala (2010) per la costruzione di una intervista semi-strutturata, riassume le caratteristiche generali delle interviste condotte[4].

pagina 239.
Tab. 8.2. Dettagli di costruzione e conduzione delle interviste semi-strutturate condotte.

3 - La preservazione della cultura materiale non può, per ovvie ragioni, essere considerato una motivazione per il reimpiego di elementi per tutto il corso dell'età pre-industriale (se non addirittura fino al Novecento). Come ricorda Nardi (1992), è infatti con la Rivoluzione Industriale che "l'integrazione fra natura e cultura si spezza; il sapere unitario, testimone di una cultura integrata al territorio, si scinde in molteplici "saperi" legati non più a un luogo specifico, ma all'evolversi delle tecnologie".

4 - I cd. "osservatori privilegiati" sono definiti come "esperti di un certo fenomeno o in un determinato

COSTRUZIONE DELLE INTERVISTE SEMI-STRUTTURATE CONDOTTE
Interrogativo di ricerca
La principale domanda cui si intende trovare risposta grazie ai dati raccolti dalle interviste è la RQ (ii): *il reimpiego di elementi edilizi in architettura è considerato, da chi lo pratica al giorno d'oggi, uno strumento di preservazione della cultura materiale?* A tal fine si è voluto instaurare un dialogo con tre attori dal diverso ruolo nei processi di riuso in architettura, così da ottenere delle prospettive complementari sulla medesima tematica e raccogliere, al tempo stesso, altre informazioni sulle dinamiche di queste strategie in architettura.
Scelta campione e definizione soggetti ("intervista a osservatori privilegiati[1]")
Rotor DC è stata intervistata nel ruolo di società che si occupa dei processi di decostruzione, del successivo recupero e rivendita degli elementi; Rotor asbl, pur occupandosi anche di progettazione, è stata intervistata in merito all'attività di consulenza per l'integrazione di elementi recuperati in progetti di architettura; Lendager Group in quanto studio di progettazione che fa uso di materiali e componenti edilizi di recupero. La differente natura professionale degli intervistati determina che, pur seguendo la medesima scaletta di argomenti, le domande siano differenziate in base allo specifico contesto. I quesiti posti e le tematiche affrontate, partendo da argomenti più generali, hanno permesso di ottenere risposta all'interrogativo di ricerca in modo sia implicito che esplicito. La definizione dei soggetti intervistati è stata subordinata ad alcune specifiche necessità. Tutti i professionisti coinvolti operano nella regione nordeuropea, ove questo tipo di pratiche in architettura – seppur lontane dall'essere comuni – vedono un discreto sviluppo. Ciò è necessario per ottenere un confronto con attori già integrati nel settore e che in attività nello specifico ambito del reimpiego di elementi edilizi, così da poter avere diretto riscontro del punto di vista da ***insider***. Essi si differenziano per area geografica e mercato di riferimento (Bruxelles, Copenhagen), per ruolo nel processo, ma anche per periodo di attività nel campo. Rotor è infatti un collettivo attivo dal 2005 e, oltre all'attività professionale, coltiva sin dall'inizio stretti legami con il mondo della ricerca e dell'allestimento espositivo, mentre Lendager ha iniziato a operare in questo campo in anni più recenti, concentrando la propria attività su progettazione e realizzazione di edifici. Per contro, Rotor DC, occupandosi in modo diretto di svolgere le attività necessarie a garantire l'approvvigionamento degli elementi, offre uno sguardo sul medesimo mondo che permette di completare il quadro da una diversa prospettiva. Ulteriore fattore determinante è stata la possibilità di compiere, contestualmente all'intervista, un sopralluogo presso le realizzazioni in merito alle quali i progettisti sono stati intervistati.
Traccia intervista (tematiche in comune)
(a) introduzione/descrizione generale collettivo/studio/società; (b) attività e ruolo assunto dal collettivo/studio/società nel processo progettuale volto al reimpiego di elementi edilizi; (c) attività svolta in realizzazioni recenti o in corso; (d) barriere e opportunità nel settore (in relazione a esperienze intercorse e allo specifico contesto geografico); (e) prospettiva del collettivo/studio/società in merito ai significati del riuso in base alla propria esperienza sul campo.
Preparazione interviste
La traccia dell'intervista è stata stesa prima di entrare in contatto con gli interessati. Sulla base della stessa si è proceduto a contattare via e-mail il collettivo/studio/società[2] presentando brevemente il lavoro di ricerca e lo specifico interesse nell'attività svolta dagli operatori, venendo indirizzati a una figura di riferimento precisa all'interno di ciascun gruppo di lavoro. Con queste ultime è stata successivamente concordata una data in cui fissare l'incontro nella città in cui operano, così da visitare le aree di lavoro o i progetti in cantiere/realizzati. Naturalmente, le circostanze in cui condurre l'intervista sono state condizionate dalla disponibilità fornita dai soggetti.
Conduzione delle interviste
In tutti i casi l'intervista è stata condotta in lingua inglese e in modo informale, senza effettuare una registrazione audio, ma ricostruendone i contenuti al termine sulla base degli appunti raccolti durante l'incontro. Nel caso di Bruxelles, i due incontri si sono svolti negli spazi di Rue Prévinaire, ove trovano sede sia le aree di lavorazione e stoccaggio di Rotor DC che gli uffici del collettivo Rotor asbl. Nel corso del primo appuntamento, l'intervistata (C. Guichard) ha risposto alle domande poste nel corso di una visita agli spazi interni ed esterni dove avvengono le attività di preparazione per il riutilizzo, pulitura e stoccaggio degli elementi, nonché delle aree dove sono esposti i campioni dei lotti per la loro vendita. Nel caso dell'incontro con Rotor absl, l'intervistato (A. Vande Capelle) ha illustrato il punto di vista del collettivo in merito agli argomenti affrontati nei locali dello studio di progettazione, avvalendosi di alcune immagini di cantiere ove servisse a dettagliare aspetti affrontati in modo più specifico. In seguito, ho proceduto a un sopralluogo in autonomia presso gli esterni di un cantiere in corso, nel quale entrambe le organizzazioni sono coinvolte. Nel caso di Copenhagen, al contrario, è stato possibile concordare un sopralluogo con uno dei progettisti (N. Ransome) a tre edifici realizzati da Lendager nel quartiere di Ørestad, nel corso del quale è stata condotta l'intervista. Si è successivamente compiuto un secondo sopralluogo in autonomia nei medesimi luoghi. La trascrizione delle tre interviste è stata successivamente trasmessa agli intervistati per verificare eventuali incomprensioni e per prendere atto delle correzioni da questi indicate.

ambito, i quali, per la professione svolta, il ruolo che ricoprono in particolari organizzazioni o l'esperienza maturata in un determinato settore si trovano in una posizione di osservazione privilegiata" e per questo sono scelti "in modo 'strategico', ovvero in relazione al fatto di aver sperimentato di prima persona un certo fenomeno sociale (*experienced*) e di avere la conoscenza necessaria in merito al fenomeno oggetto *di studio (knowledgeble)" (Sala, 2010).*

Nel caso di Rotor absl e Rotor DC è stata inviata una richiesta unica, dato che la seconda società è *spin-off* del collettivo e che condividono gli spazi di lavoro.

Nel successivo paragrafo sono riportati i dati raccolti nel corso degli incontri, seguiti da un primo riepilogo dei macro-temi affrontati in ciascuna delle stesse e dei concetti a questi correlati. All'interno del capitolo 12 è invece contenuta la sezione di analisi descrittiva ed esplicativa condotta a partire dal materiale empirico raccolto.

8.2. Il punto di vista dei *practitioner*

Intervista a Rotor DC (Cécile Guichard)

(a) Introduzione/descrizione generale società

Rotor DC è una società nata in qualità di *spin-off* dell'associazione non-profit Rotor nel 2014 e tutti i suoi fondatori iniziali erano membri di quest'ultima. Nonostante siano entità che operano in modo autonomo, i due *team* condividono tuttora molti componenti e dei legami stretti, dato che può accadere che siano coinvolti nei medesimi progetti di ricerca o architettura.

(b) Attività e ruolo assunto dalla società nel processo progettuale volto al reimpiego di elementi edilizi

Rotor DC svolge il ruolo di operatore del settore delle costruzioni locale, concentrando la propria attività sulle operazioni fondamentali da intraprendere nell'ottica di facilitare la circolazione di elementi e componenti edilizi reimpiegabili:

(i) identificazione. Questa attività può essere caratterizzata da diversi gradi di coinvolgimento, dal semplice fornire un suggerimento via e-mail allo stendere la bozza di inventario a seguito di sopralluoghi in situ;

(ii) decostruzione. Si tratta di un processo che, analogamente, può essere espletato in forme differenti, includendo azioni che vanno dalla fornitura di specifiche tecniche relative a determinati elementi edilizi di reimpiego al monitoraggio di complessi cantieri di decostruzione;

(iii) preparazione per il riutilizzo. L'approccio adottato si basa sull'impiego di metodi e tecniche di recupero ottimizzati, di volta in volta affinati in base allo specifico elemento o componente;

(iv) vendita. Gli elementi recuperati e preparati per il riutilizzo sono commercializzati secondo un sistema di conto vendita, aperto sia a professionisti che a privati. Rotor DC pone adeguata attenzione alle caratteristiche e alle specifiche tecniche dell'elemento, fornendo ulteriore aiuto ove necessario e incaricandosi di servizi su misura se richiesto.

Dal punto di vista della società, l'obbiettivo di incrementare la circolazione di elementi di reimpiego nel mercato coinvolge non solo tutte le operazioni connesse ai processi di decostruzione degli edifici prima degli interventi di demolizione o ristrutturazione, ma anche la successiva gestione degli elementi stessi. Ciò permette infatti a Rotor DC di recuperare, preparare per il riutilizzo, stoccare, esporre e vendere i prodotti e componenti ottenuti dalla gestione di questi processi. Con il passare degli anni, Rotor DC ha acquisito un ruolo rilevante nel settore edilizio di Bruxelles, contesto in cui la circolarità degli elementi edilizi è divenuta

un tema di interesse condiviso e una strategia considerata soluzione utile da più punti di vista. Se, nei primi tempi, i membri della società dovevano compiere una cernita dei permessi di costruire approvati per contattare imprese o progettisti interessati a un loro intervento, attualmente Rotor DC riceve richieste spontanee di ogni genere da parte di clienti interessati a usufruire dei servizi offerti. Nella maggior parte dei casi sono i proprietari di imprese di costruzione e demolizione a contattare la società, offrendo la possibilità di recuperare gli elementi derivanti dalla ristrutturazione o futura demolizione dei fabbricati. I principali *step* del flusso di lavoro che prende avvio in queste circostanze seguono solitamente la seguente scansione:

a. contatto da parte di un esterno;
b. sopralluogo dell'edificio (nel caso di cantieri di decostruzione);
c. identificazione e valutazione economica degli elementi considerati di interesse;
d. redazione dell'inventario (nel caso di operazioni consistenti);
e. conduzione delle attività di decostruzione, le quali non vedono sempre coinvolte in prima persona i componenti di Rotor DC. Come già menzionato, si tratta di operazioni che prevedono diversi gradi di coinvolgimento della società, la quale, nei casi di minor impegno, si occupa esclusivamente di fornire adeguate indicazioni all'impresa o di monitorare gli aggiornamenti dal cantiere;
f. raccolta degli elementi e trasporto all'area di lavoro di Rotor DC;
g. studio degli elementi finalizzato a identificare le operazioni di recupero, valutazioni tecniche, attività di preparazione per il riutilizzo;
h. inventario finale degli elementi la cui preparazione al riutilizzo è stata completata;
i. messa in vendita (sia nello showroom che nello *online store*) e vendita;
j. servizi post-vendita: trattamenti speciali, deposito, consegna, etc.

L'ubicazione dell'area di lavoro e vendita di Rotor DC, non distante dal centro di Bruxelles, ha permesso alla società di guadagnare sempre più clienti nel corso degli anni. Attualmente sono contattati da progettisti e privati, da studi di architettura e *interior designer*, i quali sono alla ricerca di prodotti e componenti recuperati e, nel più dei casi, si rivolgono a Rotor DC dopo aver visionato l'offerta disponibile attraverso l'*online shop* o di persona nello showroom. In questo senso, si può affermare che il pubblico a caccia di ispirazione che gravita intorno all'area di stoccaggio e vendita della società è molto eterogeneo. Nonostante l'utilizzo di elementi recuperati non sia ancora una prassi convenzionale, l'obbiettivo di Rotor DC è di incentivare questo approccio perché diventi una sorta di riflesso tra gli attori coinvolti nel settore delle costruzioni (progettisti, imprese, individui), introducendo in tal modo le strategie circolari nella pratica architettonica.

(c) Attività svolta in realizzazioni recenti o in corso

I prodotti e componenti messi in vendita da Rotor DC provengono in larga parte da edifici di Bruxelles realizzati nel XX secolo. Nonostante la società recuperi e venda anche elementi appartenenti ad architetture di interesse storico o a costruzioni tradizionali– porzione che rappresenta, in termini di valore, la parte più rilevante dello stock – Rotor DC si occupa in particolar modo di uno specifico tipo di costruzioni. Le molte torri direzionali costruite nella capitale belga durante gli anni Sessanta e Settanta forniscono infatti alla società una quantità rilevante di prodotti e componenti per interni da recuperare e sottoporre

a *remanufacturing*. Sebbene questi elementi siano disponibili in grandi quantità nell'area urbana, rispetto ad altri essi sono molto più difficili da valorizzare con una "seconda vita" nel mercato: nonostante siano stati progettati per essere modulari e smontabili, sono infatti caratterizzati da un ciclo di vita molto breve. Ciò è dovuto principalmente al vivace succedersi di società insediate negli spazi direzionali, alle modifiche normative apportate nel tempo (prevenzione incendi, tematiche inerenti alla sicurezza, etc.), alla gestione dello spazio di lavoro (che privilegia gli open space). Lo stock che deriva dalle torri per uffici consiste principalmente di elementi di finitura e arredo: pavimentazioni interne ed esterne, rivestimenti interni ed esterni come quelli in legno o laterizio, controsoffitti, porte e partizioni, mobilio, piccoli elementi di arredo di interni e illuminazione. Questa composizione dello stock è anche conseguenza di un processo di tipo economico: se al momento della costruzione dell'edificio i costi possono essere a grandi linee divisi in tre parti equivalenti tra struttura, impianti e finiture, quando il fabbricato giunge a fine vita sono queste ultime quelle che possiedono un valore più alto nel mercato nella prospettiva del reimpiego. Tra gli elementi e componenti di cui la società si occupa, i corpi illuminanti e le porte tecniche (REI o acustiche) sono i prodotti più venduti. Attualmente Rotor DC sta collaborando, come Rotor asbl, al progetto della *Multi Tower* (progettisti: Conix RDBM, immobiliare: Whitewood)[5], una di queste torri ubicata nel centro città.

(d) Barriere e opportunità nel settore (in relazione a esperienze intercorse e allo specifico contesto geografico)

L'uso di elementi edilizi di recupero incontra solitamente molti ostacoli derivanti dagli standard e dalla sicurezza, e richiede per questo pieno impegno da parte dei *practitioner* nel superare tali freni. Dal punto di vista normativo, il tema della certificazione non è per Rotor DC particolarmente sentito, considerando le loro consuete attività. Ciò si verifica perché la maggior parte dei prodotti che essi gestiscono è di produzione relativamente recente ed è possibile reperirne la documentazione originaria, inoltre il re-impiego avviene per lo più in contesti privati e non richiede le asseverazioni necessarie agli edifici aperti al pubblico. Nel caso dei corpi illuminanti di recupero, Rotor DC si prende cura del nuovo cablaggio a norma e degli aspetti relativi alla sicurezza (marcatura CE). Per quanto riguarda i controlli condotti sugli elementi, l'aspetto principale da appurare è quello relativo alla eventuale tossicità dei materiali presenti nell'edificio, soprattutto la presenza di amianto o di sostanze chimiche pericolose in un componente. Dato che ogni lotto di elementi recuperati è differente dagli altri, una parte molto importante della preparazione per il riutilizzo consiste nel comprendere quali siano le caratteristiche e le proprietà meccaniche di ciascun lotto. Le attività di *remanufacturing* e pulitura devono infatti essere adattate agli elementi, a volte attraverso un processo di prova-ed-errore, nel corso della loro preparazione per la vendita. Tra i processi sviluppati con esito positivo sulla base delle esperienze c'è, ad esempio, quello di una soluzione biologica che permette di rimuovere i residui di malta di cemento dalle piastrelle recuperate lasciandovele immerse mediamente per 24 ore (prima di questo processo la maggior parte del legante viene rimosso in modo meccanico, elemento per elemento). Una ricerca recente [12.2019] si concentra su di una procedura per il recupero dei sanitari (sia a livello di sterilizzazione che di rimozione del calcare), il cui esito si sta per

5 - Vedi caso studio [13]

ora dimostrando più costoso dell'acquisto di un sanitario nuovo. Rotor DC non si occupa di elementi strutturali poiché la gran parte degli edifici con cui hanno a che fare possiede una struttura in cemento armato, sistema costruttivo che non si presta allo smontaggio e al riutilizzo, come, al contrario, farebbe l'acciaio.

(e) Prospettiva della società in merito ai significati del riuso in base alla propria esperienza sul campo

La società opera principalmente sugli edifici alti costruiti nel Secondo dopoguerra e adibiti a spazi direzionali. Per tale ragione, la maggior parte degli elementi che recupera, prepara e rivende derivano dalle operazioni di ristrutturazione di queste torri e quindi, dal punto di vista architettonico e culturale, Rotor DC è un'impresa strettamente connessa al territorio e al mercato locale.

Intervista a Rotor asbl (Arne Vande Capelle)

(a) Introduzione/descrizione generale collettivo

Rotor asbl (*association sans but lucratif*) è una pratica cooperativa non-profit di progettisti fondata intorno al 2005.

(b) Attività e ruolo assunto dal collettivo nel processo progettuale volto al reimpiego di elementi edilizi

L'organizzazione è nata in ragione di un condiviso interesse nei confronti della sostenibilità in termini generali. Le prime ricerche condotte si sono concentrate sul tema dei flussi di materiali nella regione di Bruxelles, con particolare attenzione agli scarti industriali. Si può dire che il reimpiego sia l'argomento che ha reso i membri di Rotor noti a livello internazionale, ma esso non rappresenta il loro unico interesse. Oltre a occuparsi di questo tema nell'ambito della ricerca, essi affrontano il riuso di elementi edilizi sia in prospettiva progettuale che fornendo consulenza a terzi. Il primo caso è quello che si verifica quando un cliente richiede a Rotor i servizi inerenti alla progettazione di un edificio o un interno, circostanze nelle quali i professionisti cercano di integrare nel design il maggior numero possibile di elementi edilizi di seconda mano, senza tuttavia assumere posizioni categoriche. Il secondo caso è quello in cui dei clienti, privati o altri studi di progettazione, richiedono una consulenza circa il recupero e/o l'integrazione di elementi di recupero nel loro progetto, come è avvenuto con Conix RDBM – progettisti – e Whitewood – promotori – per il progetto *Multi*.

(c) Attività svolta in realizzazioni recenti o in corso

Il complesso Multi (prima *Tour De Brouckère*) è parte di un'operazione urbana che è stata sviluppata a Bruxelles negli anni Sessanta e Settanta, per via delle posizioni liberali proprie di alcune amministrazioni locali di quei decenni. La visione urbanistica cui esse si ispiravano prevedeva di un layout urbano "moderno", caratterizzato dalla costruzione di una serie di edifici direzionali alti e altre torri tra la Stazione Nord e il centro città, nel quale ciascuno di questi fabbricati sarebbe stato dotato di un podio di due o tre piani. Il Piano Manhattan, approvato nel 1967, è stato realizzato solo parzialmente, comportando tuttavia la distruzione di gran parte del tessuto urbano storico del centro della città (ragione per la quale era stato duramente contestato dagli abitanti). Rotor e Rotor DC sono stati, sono [01.2021] e saranno attivi nella riqualificazione di più d'una tra queste torri: la *Multi Tower*, il *Centre Monnaie* e una delle torri del *WTC* (*World Trade Center*).

Rotor DC ha recuperato e recupererà i componenti da tutti e tre questi edifici, mentre Rotor ha dei contratti di consulenza per i progetti *Multi* e *Centre Monnaie*. La compresenza di entrambi i settori di Rotor all'interno dei progetti menzionati è dovuta al fatto che DC si occupa non solo di decostruzione, ma anche di fornitura di elementi edilizi di recupero, ed era nell'interesse dei clienti usufruire di entrambi i servizi. Nel caso di *Multi*, Whitewood ha presentato sin dall'avvio del progetto una idea molto chiara delle intenzioni circa le funzioni, gli spazi e gli obbiettivi in termini di sostenibilità (BREEAM), ma non così definita in merito alle scelte materiali: cosa mantenere per il reimpiego, quali elementi di recupero cercare. Combinando, da un lato, la competenza di Rotor DC in tema di decostruzione di edifici e valore degli elementi di riuso e, dall'altro, la conoscenza di Rotor delle dinamiche del mercato locale, è stato possibile inserire nel programma dei lavori un target ambizioso per il riuso. Man mano che gli aspetti progettuali hanno assunto maggior dettaglio, Rotor ha proposto diversi suggerimenti al fine di massimizzare il reimpiego *on-site* e *off-site* degli elementi riscontrati nell'edificio, nonché l'integrazione di ulteriori elementi provenienti da operazioni di decostruzione e fornitori di usato. Tali strategie comprendono in alcuni casi prodotti e componenti dell'edificio stesso (come controsoffitti o sanitari), in altri casi elementi procurati da Rotor DC o altri operatori del mercato. In totale, circa il 2% in peso e valore dei "nuovi" elementi installati nell'edificio sarà di recupero. Allo stato attuale [01.2020] pare che questa percentuale sarà ancora maggiore, raggiungendo il 4-5% circa del totale. Tra gli elementi che saranno reimpiegati in situ figurano le lastre bocciardate di pietra calcarea blu (rimosse, pulite e riposizionate come rivestimento esterno) e i profili di alluminio che rivestivano il piano dedicato agli impianti e i vani scale, mentre l'ipotesi di riuso dei sanitari è stata infine esclusa dal *team* di progetto.

(d) Barriere e opportunità nel settore (in relazione a esperienze intercorse e allo specifico contesto geografico)

Nel caso della *Multi Tower* l'obbiettivo non è quello di produrre una ristrutturazione convenzionale, come avvenuto recentemente in altri edifici di questo tipo (e.g. la *Tour de Midi*). *Multi* è un edificio notevole per concezione planimetrica e ubicazione, perciò il progetto intende concentrarsi sulle sue qualità di natura spaziale e materiale, anziché cercare di "ridurre al silenzio" il carattere dell'edificio. Lo scopo è dunque quello di evitare la distruzione delle caratteristiche originali della torre apportando, al tempo stesso, del valore aggiunto attraverso una differente gestione delle funzioni. Attraverso l'apertura al pubblico del pianterreno e della terrazza del podio sarà possibile porre quest'ultimo in relazione diretta con la piazza, rivelandone le potenzialità e slegandolo dal riduttivo ruolo di porzione incompleta del *plateau* pedonale.

(e) Prospettiva del collettivo in merito ai significati del riuso in base alla propria esperienza sul campo

Il progetto *Multi* sottintende un significato di sostenibilità più ampio di quello inteso dalla prospettiva esclusivamente ecologica. Naturalmente, il reimpiego permette di risparmiare materie prime; per esempio, in altri interventi, la conduzione di un LCA ha consentito di dimostrare come la scelta di pavimentazioni di riuso evitasse il 95% degli impatti comportati dall'impiego di elementi nuovi. Nel caso di *Multi*, l'importanza del processo sta nel proporsi quale mezzo di preservazione delle caratteristiche dell'edificio, riconoscendo al contempo la necessità di

evoluzione della trama urbana e la qualità del costruito esistente: dunque evitando di compiere l'errore che è stato fatto negli anni Settanta. "Cosa può dirci questo dell'economia materiale? Come può il riuso risolvere i problemi? Questo esempio dimostra che lo può fare evitando la sostituzione di un elemento ancora funzionale con qualcosa di nuovo". La gran parte dei prodotti e componenti recuperati scelti per questo progetto sono contemporanei, realizzati dagli anni Sessanta in poi. Ciò è dovuto a due motivazioni: da un lato l'idea condivisa da Rotor, Conix e Whitewood di preservare il carattere della torre e, con esso, la sua "storia" e le sue caratteristiche, dall'altro, molti degli elementi sono forniti da Rotor DC che si occupa di decostruire lo stesso tipo di fabbricati. Tali circostanze evidenziando in modo chiaro i legami della torre e della città con il Moderno. Questo approccio permette che le "caratteristiche locali" architettoniche e culturali della torre di non vadano perdute, mirando in un'ottica integrata a una riconciliazione tra la città e la sua contestata eredità.

Intervista a Lendager Group (Nicholas Duxbury Ransome)

(a) Introduzione/descrizione generale studio

Lo studio professionale Lendager ha vissuto una improvvisa crescita con le esperienze progettuali condotte a Ørestad – *Crowne Plaza Café*, *The Resource Rows*[6], *Upcycle Studios*[7] – le quali hanno evidenziato la necessità di formare un team che si occupasse di ricerca e sviluppo a stretto contatto con i progettisti. A Lendager ARC, dedicato all'attività progettuale, si affiancano ora due altri settori. Lendager UP è un gruppo di ricerca evolutosi in parallelo ai tre progetti citati, al fine di produrre e testare prototipi che integrano i materiali e prodotti di recupero[8]. Lendager TCW è invece una sezione nata dalla fusione con una società terza (*The Circular Way*) e, grazie all'esperienza maturata in tema di implementazione dei processi circolari in architettura, si occupa di consulenza ad altre aziende.

(b) Attività e ruolo assunto dallo studio nel processo progettuale volto al reimpiego di elementi edilizi

Prima di realizzare i tre interventi menzionati, lo studio stava investigando da diverso tempo il tema della sostenibilità in prospettiva di economia circolare – ne è esempio la realizzazione del prototipo *Upcycle House* (2011-2013)[9]. Uno dei principali interessi dei professionisti è rappresentato dall'analisi dei flussi materiali all'interno dell'area urbana di Copenhagen, al fine di scoprirne le potenzialità in termini di *upcycling* e reimpiego. L'obbiettivo di ottimizzare la gestione delle risorse materiali di scarto ha portato lo studio ad adottare strategie di integrazione dei materiali ed elementi derivanti da attività di costruzione e demolizione nei progetti di cui è incaricato. Si tratta di un approccio innovativo all'interno della comune pratica edilizia danese, esito di una stretta connessione tra i risultati delle sperimentazioni condotte e la fattibilità della loro applicazione al progetto in corso di realizzazione.

6 - Vedi caso studio [09].

7 - Vedi caso studio [10].

8 - Nello specifico, per le Copenhagen Towers questi processi hanno testato il riutilizzo di serramenti in legno e il calcestruzzo con aggregato riciclato, nel caso delle Resource Rows dei pannelli con muratura di reimpiego, per gli Studios vetrocamera di recupero.

9 - Realizzazione descritta nel paragrafo 5.2.2.

(c) Attività svolta in realizzazioni recenti o in corso

Il *Crowne Plaza Café* è ubicato nella hall delle *Copenhagen Towers*, progettate da Norman Foster (2006-2015). Lendager è stato incaricato della progettazione delle finiture della lobby e degli interni del locale per "evidenziarne la sostenibilità" ["*raise their sustainability profile*"], poiché, pur trattandosi di un edificio dalle elevate prestazioni energetiche, tale efficienza ambientale non trovava riscontro percettivo nei materiali scelti per le finiture. Lo studio ha deciso di svolgere questo incarico utilizzando materiali ed elementi edilizi di recupero, scelta necessariamente dipendente dalla conoscenza delle dinamiche del mercato immobiliare locale quale fonte approvvigionamento. Gli interventi hanno riguardato la pavimentazione della hall e il nuovo rivestimento delle pareti. Il primo caso ha costituito l'opportunità per sperimentare una maggior efficienza materiale attraverso la realizzazione di calcestruzzo con aggregati riciclati ["*upcycling*"]. Nel secondo caso è invece stato possibile attuare una strategia di reimpiego, utilizzando telai lignei di serramenti provenienti da operazioni di ristrutturazione residenziale. In questi casi, infatti, gli infissi sono tra i componenti sostituiti più spesso per migliorare le prestazioni energetiche dell'involucro edilizio e ottemperare alle richieste normative. Questi componenti – i più diffusi nella regione sono in legno o legno-alluminio – si trovano spesso in buone condizioni perché progettati per essere durevoli e installati al massimo venti o trent'anni prima. Al momento del progetto è stato possibile intercettare un cospicuo flusso di serramenti di legno derivanti da opere di retrofit condotte nell'area urbana. Gli infissi ottenuti sono stati smontati, i telai separati in profili: questi ultimi, in legno massello di elevata qualità, sono stati resi conformi alle norme antincendio con una pittura ignifuga e ri-assemblati in pannelli utilizzati per il rivestimento, trattati con olio di lino. L'esito, visto da distante, crea un pattern eterogeneo e interessante e, all'avvicinarsi dell'osservatore, emergono tutti i segni e le imperfezioni che derivano dall'uso precedente delle finestre, poiché la preparazione per il riutilizzo ha intenzionalmente evitato operazioni che potessero occultare la storia del materiale o le sue origini.

Nel caso delle *Resource Rows*, il *concept* progettuale è nuovamente connesso alle caratteristiche del mercato immobiliare danese e alle possibilità che questo può offrire in termini di risorse. Infatti, molte abitazioni private collocate in cittadine di campagna, una volta rimaste disabitate, spesso non sono né affittate né vendute, rappresentando per questo una considerevole "miniera" di materiali edilizi. Queste circostanze si verificano in particolar modo nei contesti rurali, villaggi e piccoli centri al di fuori delle principali aree urbane danesi. Spesso o lo Stato finanzia attività di demolizione oppure i fabbricati divengono di proprietà di un istituto bancario e successivamente ristrutturati o demoliti, tuttavia la seconda casistica non è frequente quanto la prima. Data la dinamicità del mercato locale, una volta che a un edificio viene concesso il permesso di demolizione quest'ultima avviene in tempi contenuti ed è per questo necessario agire in modo rapido per preservarne le componenti materiali. A partire da queste premesse, l'idea progettuale si è concentrata sin dall'avvio (si trattava di un concorso di progettazione) sul riutilizzo di porzioni di murature di recupero nelle facciate del nuovo edificio, confrontandosi tuttavia con una serie di difficoltà tecniche per via del grado di novità di questo processo. Le ricerche preliminari relative a prestazioni fisiche e meccaniche, condotte su un campione di murature caratteristico dei tipi edilizi "sorgente" – principalmente industriali e scolastiche, ha orientato le scelte costruttive verso l'accoppiamento di queste porzioni in laterizio con un getto di

calcestruzzo. I moduli così ottenuti sarebbero stati assemblati nel rivestimento esterno delle chiusure verticali, consentendo di diminuire l'impronta edilizia del fabbricato evitando il ricorso a prodotti nuovi[10]. Nonostante non fosse mai stata messa in discussione la fattibilità del processo, il team di progetto non poteva sapere in anticipo con precisione quali sezioni di recupero avrebbero avuto modo di comporre nei pannelli, rendendo impossibile un'ipotesi di dettaglio di *texture*, colore o precise dimensioni dei moduli. A seguito della vittoria del concorso sono stati avviati i test sui prototipi, al fine di trasformare questo *concept* sperimentale in un processo standardizzato e replicabile. Le porzioni di muratura reimpiegate provengono da diversi edifici volti a demolizione: una ex-birreria della città, scuole abbandonate e costruzioni industriali. Gli ingegneri del team incaricati di certificare i pannelli hanno preferito assumere una ipotesi conservativa, supponendo che le murature non avessero funzione strutturale, e "hanno deciso di utilizzare un getto di cemento più spesso del necessario" ["*they decided to cast more concrete than necessary*"]. A questo *layer* interno del modulo si accoppia una superficie in laterizio composta da diverse porzioni giustapposte, in alcuni casi ruotate ortogonalmente rispetto alle contigue, di colori differenti. Rispetto a una costruzione convenzionale, la manodopera necessaria per le attività di taglio e lavorazione delle porzioni murarie ha dimostrato un'incidenza rilevante sui costi, richiedendo inoltre l'impiego di figure professionali sia specializzate che non specializzate.

Gli *Upcycle Studios*, anch'essi esito di un concorso di progettazione, sono ubicati su un lotto appena a sud del precedente e ospitano venti case a schiera che sviluppate su tre livelli ciascuna e orientate in diagonale rispetto alla griglia urbana. Le case sono state progettate nel tentativo di garantire una flessibilità nel tempo, così da poter essere utilizzate da una sola famiglia, divise in due appartamenti indipendenti o in una residenza e uno studio/laboratorio. La necessità di ammortizzare gli altri prezzi di mercato al mq e di massimizzare l'uso degli spazi abitativi è evidente dall'utilizzo che gli utenti da poco insediati fanno degli spazi, poiché i garage cui si accede dal lato nord non sono generalmente utilizzati per parcheggiare – le auto sono lasciate all'esterno – bensì più come spazi flessibili a seconda dei bisogni. Anche in questo caso i progettisti hanno adottato un approccio circolare, analizzando i flussi di materiale derivanti dai lavori di ristrutturazione o demolizione degli edifici residenziali e individuando un lotto considerevole di serramenti recuperati da un'operazione di ristrutturazione nello Nord Jutland. I vetrocamera sono stati rimossi e riassemblati su dei telai nuovi per comporre le porzioni vetrate delle nuove case a schiera, facciate così composte da una doppia membrana trasparente in cui ciascuno dei due telai inquadra vetri di recupero. È possibile in tal modo rispondere ai requisiti richiesti dalla normativa danese in termini di efficienza energetica dell'involucro allo stesso modo in cui potrebbe farlo un componente di nuova produzione che, da solo, rispetti gli obblighi di legge. Un esito interessante di questa sperimentazione è che tale soluzione

10 - Un altro modo di condurre questa strategia di recupero è attraverso il riuso dei singoli mattoni, un'attività che sta prendendo piede nel mercato danese contemporaneo, tanto che la sola azienda nello Stato che compie questo tipo di operazioni fatica a sopperire alle richieste [si tratta della Gamle Mursten – progetto *Rebrick*]. La complessità di compiere queste azioni sta nel fatto che la malta di cemento, impiegata solitamente in tutti gli edifici in laterizio dal Secondo dopoguerra in poi, è un legante molto più resistente di quella di calce e rende più complesso separare i singoli mattoni senza danneggiarli. Gli elementi di recupero ottenuti attraverso questo processo hanno un elevato prezzo di vendita per via dei costi di manodopera e per i tempi necessari all'attività, ma anche perché considerati più pregiati per via dell'eterogeneità in termini materiali e di colore.

consente una performance energetica migliore di un convenzionale vetrocamera doppio, dimostrando di fornire anche buone prestazioni in termini di isolamento acustico. I telai che incorniciano i vetri sono nuovi, ciò nonostante il loro disegno è legato alle dimensioni dei prodotti recuperati ed è stato progettato per presentare disegni differenti nelle superfici accoppiate. Questa eterogeneità caratterizza anche le superfici rivestite in legno, recuperato dagli scarti di un produttore locale che per la realizzazione dei pavimenti fa utilizzo esclusivamente di tavole a tutta lunghezza e non trova impiego per i pezzi di dimensione inferiore. Un terzo materiale di recupero utilizzato nel progetto è il calcestruzzo a vista gettato in situ, visibile nei setti a divisione delle unità e nelle testate minori. Questo intende rappresentare un altro caso di *upcycling*, poiché fa uso di aggregati riciclati derivanti dai vicini lavori in corso per la metro di Copenhagen.

(d) Barriere e opportunità nel settore (in relazione a esperienze intercorse e allo specifico contesto geografico)

Il focus di Lendager sull'efficienza materiale, inteso come attenzione all'energia e al carbonio incorporati negli elementi edilizi, è dovuto al fatto che nel corso delle decadi passate la normativa danese ha notevolmente incentivato l'efficienza ambientale degli edifici, in termini tuttavia esclusivamente energetici. Questa circostanza conduce a un paradosso, ovvero al fatto che la *embodied energy* potrebbe rappresentare in futuro una problematica maggiore di quanto non lo sia l'energia consumata in fase d'uso. Per esempio, se i progettisti danesi decidessero al giorno d'oggi di utilizzare uno strato di coibentazione più spesso di quello richiesto dalla legge, l'energia incorporata dello stesso non sarebbe ammortizzata considerando un ciclo di vita dell'isolante pari a 50 anni. Valutando inoltre che l'energia proviene in misura sempre maggiore da fonti rinnovabili[11], gli impatti dovuti alla sua produzione futura saranno sempre inferiori e, a fini ecologici, sarà necessario ottimizzare la gestione efficiente delle risorse materiali.

Da questo punto di vista, la scelta relativa ai pannelli di chiusura delle *Resource Rows* di gettare uno strato di calcestruzzo più spesso del necessario si è tradotta, in termini di analisi ambientale del ciclo di vita, in un esito meno efficiente del previsto. Più ricerca e ulteriori test permetteranno di ridurre l'input materiale necessario e le relative esternalità materiali, tema importante se si considera come il calcestruzzo sia un materiale dagli elevati impatti in termini di consumo di risorse e di emissioni. D'altro canto, se è vero che l'LCA condotto a verifica di questa soluzione costruttiva non ha dato esiti molto favorevoli, va tenuto in considerazione che in esso non sono stati computati i "benefici e carichi" del modulo D, senza calcolare dunque che i pannelli sono stati progettati come modulari e reimpiegabili (quindi, in futuro, potenzialmente né riciclati né oggetto di *downcycling*, ma riusati).

Nel caso dell'*upcycling* del calcestruzzo residuo dei lavori della metro, impiegato come aggregato riciclato nei setti degli *Upcycle Studios*, Lendager ha deciso di dosare e testare le proprie dosi in situ. Questo è stato considerato al tempo uno "sconfinamento" ["*boundary overstep*"] dall'industria del calcestruzzo locale, che si era dimostrata scettica anche riguardo la qualità del prodotto – mentre, nel giro di pochi anni, tutti i principali produttori di calcestruzzo si sono orientati verso

11 - Eurostat, 2020. *Share of energy from renewable sources*. Dataset, code: nrg_ind_ren [10.2020]. Come emerge da questi dati, nel caso della Danimarca la percentuale è salita nel giro di soli dieci anni dal 20% al 35%.

processi più sostenibili di produzione.
Lo spazio di stoccaggio è una delle problematiche principali nell'implementazione di dinamiche circolari in area urbana. Lendager ha uno spazio adibito a questo scopo, ma anche possibilità di locare altri siti fuori città se necessario, e gestisce interamente il materiale di riuso dal suo recupero all'uso nelle costruzioni. Si tratta di un'attività che viene condotta solamente a finalità interne allo studio, senza offrire servizi a terzi in termini di approvvigionamento e gestione degli elementi di reimpiego. Il ruolo di Lendager è quello del progettista, per cui non è possibile per lo studio accettare qualsiasi materiale a disposizione, nonostante si possa per esso prevedere applicazioni interessanti, se non sanno quale funzione esso potrà rivestire nel successivo progetto. Una costante ricerca nell'ambito delle attività di costruzione e demolizione è per questo fondamentale al fine di monitorare l'andamento dei flussi materiali "in tempo reale".

(e) Prospettiva dello studio in merito ai significati del riuso in base alla propria esperienza sul campo

Il riutilizzo di murature esistenti mantenute il più possibile integre, suddivise in porzioni giustapposte, ha permesso di realizzare un edificio dai tratti marcati, la cui forte identità è rimarcata dalla collocazione in un'area residenziale che è caratterizzata da fabbricati monotoni e impersonali ["*distinguished by monotony and impersonality*"]. Questo approccio ha inoltre consentito di illustrare il concetto di reimpiego in modo molto più efficace di quanto non sarebbe avvenuto attraverso il riuso dei singoli mattoni. La volontà di reimpiegare la muratura è infatti legata al "carattere" che la nuova facciata acquisisce, in particolar modo in un contesto che fino a quel momento ha dialogato solamente con il nuovo, riuscendo in tal modo a "raccontare una storia" ["*tell a story*"].
Un ulteriore elemento di reimpiego nelle *Resource Rows* è rappresentato da una trave prefabbricata in calcestruzzo a doppia T, recuperata da un edificio industriale in abbandono e installata in copertura per realizzare una passerella pedonale che attraversasse la corte centrale. L'elemento è stato riutilizzato senza che vi fossero apportate modifiche, nonostante fosse più lungo del necessario, ed è stato per questa ragione messo in opera in diagonale rispetto alla pianta dell'edificio. Si è trattata di una scelta consapevole da parte dei progettisti al fine di promuovere, per svolgere una specifica funzione, l'utilizzo di risorse esistenti, evitando di cercare nuovi elementi appositamente prodotti.
In generale, la scelta di perseguire una gestione efficiente dei materiali intercettando i flussi di rifiuti da costruzione e demolizione dell'area determina che il risultato progettuale sia subordinato alle dinamiche dello specifico settore edilizio e immobiliare.



8.3. Analisi critico-interpretativa di casi studio contemporanei

REALIZZAZIONE		PROGETTISTA	ANNO	DESTINAZIONE D'USO
01	Wikado	Superuse Studios	NL, 2007	urbano, esterni
02	Lions Park Playscape	Rural Studio	US, 2010	
03	REwind @ Willemsplein	Superuse Studios	NL, 2012	
04	Villa Welpeloo	Superuse Studios	NL, 2009	residenziale
05	Tinshed	Raffaello Rosselli	AU, 2011	
06	Collage House	S+PS Architects	IN, 2015	
07	Carrol House	LOT-EK	US, 2016	
08	Casa en Tres Primaveres	David Sebastian	ES, 2017	
09	Resource Rows	Lendager Group	DK, 2018	
10	Upcycle Studios	Lendager Group	DK, 2019	
11	Freitag Flagship Store	Spilmann Echsle Architekten	CH, 2006	commerciale direzionale
12	Kamikaz Public House	Hlroshi Nakamura + NAP	JP, 2015	
13	Multi	Conix RDBM, Rotor	BE, 2020	
14	Glass Chapel (Mason's Bend Community Center)	Rural Studio	US, 2000	culturale isituzionale
15	Ningbo History Museum	Amateur Architecture Studio	CN, 2008	
16	Open Air Library	KARO* Architects	DE, 2009	
17	Kaap Skil Maritime and Beachcombers Museum	Mecanoo	NL, 2011	
18	Hub 67	LYN Atelier	UK, 2014	
19	Pavillon Circulaire	Encore Heureux	FR, 2015	
20	Sede del Consiglio Europeo e del onsiglio dell'Unione Europea	Samyn & Partners, Studio Valle	BE, 2015	

pagina 250:
Resource Rows, Lendager Architects (dettaglio), Copenhagen, febbraio 2020 (Elisa Zatta)

«[...] elements and components of any kind can be twisted and warped to do things they more often than not were never meant for». (Jan Jongert)

L'interesse dei progettisti per il riuso di pale eoliche, muovendo da principi legati all'economia circolare quale strumento di riduzione degli impatti ambientali, si concentra sulle possibilità espressive fornite dall'utilizzo creativo di tali elementi. Le ragioni individuate alla base dell'approccio sono quindi:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

iv) culturale.

[01] Wikado

Superuse Studios, 2007, Rotterdam [NL]

Il rinnovo dell'area giochi negli spazi esterni della fondazione *Kinderparadijs Meidoorn* costituisce una delle prime occasioni in cui i progettisti di Superuse Studios sperimentano il reimpiego di pale eoliche giunte a fine vita. Nonostante tali lame siano solitamente scartate dopo una fase d'uso compresa tra i 10 e i 25 anni, esse presentano ancora un elevato potenziale in termini di durabilità, circostanza che ne favorisce l'impiego in contesti nei quali la resistenza agli agenti atmosferici rappresenta un requisito importante. Il tipo di pala più diffusa nei Paesi Bassi è costituita di compositi di fibra di vetro o fibra di carbonio, materiali riciclabili con difficoltà, nel primo caso, o non riciclabili, nel secondo. Tale caratteristica ha incentivato i progettisti a ideare il *superuse* di questi elementi riproponendoli come elementi architettonico in grado di caratterizzare uno spazio urbano. Nel caso di Wikado, questo obbiettivo si è tradotto nella realizzazione di un'area giochi dai costi analoghi di una convenzionale, ma dotata di un'impronta ecologica notevolmente inferiore (permettendo il risparmio di circa il 90% delle emissioni di CO_{2eq}). Il design di questi elementi li rende adatti alla composizione di una struttura dalle forme organiche ed ergonomiche, presentandosi quali strumenti adeguati a raggiungere lo scopo dei progettisti: la realizzazione di uno spazio che incoraggiasse il gioco, l'immaginazione e l'interazione.

Le pale riusate, cinque, sono disposte intorno a un'area circolare in calcestruzzo esistente. Una di esse è conservata nella sua lunghezza originaria di 30 metri, mentre le altre quattro sono state accorciate. Le sezioni cilindriche sono state posizionate in verticale, realizzando in tal modo delle "torri", ciascuna delle quali fruibile in altezza all'interno e contraddistinta da una funzione "ludica" differente dalle altre. Le restanti porzioni delle pale, insieme a quella intatta, sono disposte a terra nell'area circostante: da questa scelta progettuale deriva il nome dell'installazione, un composto di *mikado*, gioco noto anche come *shangai*, e *wiek*, termine olandese che identifica le pale eoliche. Lo spazio realizzato è stato studiato per consentire il gioco a bambini di età diverse, permettendo loro di percorrere gli elementi all'interno o all'esterno, di entrare o uscire dagli stessi attraverso dei fori circolari, di arrampicarsi all'interno delle torri per poi scendere grazie a scivoli metallici recuperati dall'area giochi preesistente.

elementi di riuso:
lame di pale eoliche

Till J., Schneider T., 2011. Invisible Agency. *Architectural Design* 82(4), 38-43; van Hinte E., Peeren C., Jongert J. Superuse: constructing new architecture by shortcutting material flows. Rotterdam: 010, 2007; <https://issuu.com/2012architecten/docs/blademade>. Immagini: Superuse Studios / Dennis Guzzo / Frank Hanswijk







«Promoting imagination and creativity, challenge and competition; bringing in color, shapes, and sounds». (Rural Studio)

I programmi di Rural Studio indirizzano gli studenti nel proporre soluzioni dai forti risvolti sociali, ponendo gli utenti al centro del processo progettuale sin dal suo avvio. L'impiego di materia di scarto si presenta come parte costitutiva dell'approccio "da *bricoleur*" e non dettata da altri interessi. Si identificano perciò alla base del riuso le motivazioni:

i) **sociale-etica**;

ii) **espressione formale**;

iii) ambientale;

iv) culturale.

[02] Lions Park Playscape

Rural Studio, 2010, Greensboro [US]

Le attività di Rural Studio, programma *spin-off* della Auburn University (Alabama), vantano una esperienza ormai quasi trentennale nel coinvolgere studenti e laureandi di architettura, pianificazione e progettazione del paesaggio nella realizzazione di architetture con *budget* estremamente contenuti, destinate all'utenza meno abbiente di Hale County. A questa attività, in tempi recenti principalmente condotta attraverso la conduzione del programma *20k Home*, si affianca la progettazione e costruzione di strutture che molto spesso costituiscono l'occasione per sperimentare la possibilità di incorporare elementi e materiali di scarto. Il Lyons Park Playscape appartiene a questo tipo di realizzazioni e costituisce il lavoro di tesi di laurea di quattro studenti del programma.

La genesi di questa particolare struttura, realizzata con circa duemila fusti di acciaio galvanizzato di capienza pari a 55 galloni [210 litri ca.] ciascuno, è stata fortemente condizionata dal fatto che il *budget* a disposizione per il progetto dell'area giochi fosse estremamente limitato e non si potesse, per questa ragione, ricorrere a sistemi costruttivi convenzionali. Grazie alla contestuale donazione di un numero potenzialmente illimitato dei fusti da parte di un'impresa che li avrebbe normalmente destinati a riciclo, il team di progetto ha potuto basare l'ideazione del *playground* su questa inaspettata risorsa materiale. Al contempo, la cessione di questi contenitori, deputati alla conservazione dell'olio di menta utilizzato in dentifrici e gomme da masticare, ha permesso di evitare al fornitore le spese necessarie per il loro trattamento a fine vita, come normalmente sarebbe stato richiesto dalla normativa. Il progetto di Rural Studio ha inteso creare una sorta di labirinto, per questo denominato *playscape*, che potesse permettere esperienze di gioco eterogenee e che incentivasse l'attività fisica, inserendo inoltre, all'interno della struttura, alcuni elementi ideati per stimolare l'immaginazione nascosti all'interno del labirinto, oltre ai più convenzionali altalene e scivoli.

elementi di riuso:
fusti di acciaio galvanizzato

Baker Brown D., 2017. The Re-use atlas. A designer's guide towards circular economy. London: Riba publishing; Gonchar J., 2012. "Lions Park Playscape by Rural Studio" <https://www.architecturalrecord.com/articles/6493-lions-park-playscape-by-rural-studio>; <http://ruralstudio.org/project/lions-park-playscape/>. Immagini: Rural Studio / Auburn University / Timothy Hursley












SHOUT

«I see many things and I want to see as many properties as I can. [...] The next step then is to create as many interrelationships as I can between those properties». (Césare Pereen)

[03] REwind @ Willemsplein

SuperUse Studio, 2011, Rotterdam [NL]

L'interesse dei progettisti per i componenti di pale eoliche, muovendo da principi legati all'economia circolare come strumento di riduzione degli impatti ambientali, si concentra sulle possibilità espressive fornite dal riuso creativo di tali elementi. Le ragioni individuate per l'approccio adottato sono quindi:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

iv) culturale.

Una seconda applicazione delle pale eoliche giunte a fi ne vita sperimentata da Superuse Studios è quella del loro utilizzo come arredo urbano. Il caso studio in esame è stato realizzato a seguito della necessità, espressa da parte della municipalità di Rotterdam, di installare alcune sedute dalla elevata durabilità e dai caratteri iconici nei pressi dell'*Erasmus Bridge*.

Tra le richieste espresse dalla commmittenza, una delle più importanti da soddisfare riguardava la facile rimozione di queste panchine nel caso in cui si fosse dimostrato necessario lasciare lo spazio del piazzale a disposizione per eventi pubblici.

elementi di riuso:
lame di pale eoliche

I progettisti, grazie a un contributo dell'azienda Joulz, hanno così disegnato e installato le sedute REwind nella piazza di *Willemsplein*, riutilizzando nove lame eoliche altrimenti destinate all'incenerimento. Cinque di esse fungono da sedute, tre da schienale e una, collocata in posizione quasi verticale, da *landmark*. Il posizionamento delle pale è stato progettato per garantire varietà nell'ergonomia delle panchine, la cui larghezza varia dai 30 cm agli 80 cm, consentendo all'utenza la possibilità di usufruirne in modo eterogeneo. Dovendo permettere il disassemblaggio e la temporanea rimozione delle sedute, la costruzione dell'installazione è avvenuta a secco. Le lame, di lunghezza pari a circa 6 metri ciascuna, sono infatti imbullonate a dei prismi in calcestruzzo, realizzati con aggregato riciclato ottenuto dalla frantumazione di macerie recuperate nell'area urbana. Il peso dei blocchi e il metodo di ancoraggio sono stati progettati per permettere alle lame di mantenere la propria posizione senza risentire delle sollecitazioni ricevute, nonostante la leggerezza caratteristica della loro sezione e del materiale di cui sono costituite. La scelta di dipingere di rosso questi elementi è dettata dalla volontà dei progettisti di rimarcare la natura di *landmark* della installazione ma anche di portare, al contempo, un elemento di colore nel contesto della piazza.

Gorgolewski, M., 2018. Resource salvation: the architecture of reuse. Hoboken (USA): Johns Wiley & Sons Ldt; <https://issuu.com/2012architecten/docs/blademade>; <https://www.superuse-studios.com/projects/rewind-willemsplein/>. Immagini: Superuse Studios / Dennis Guzzo






PHOTO © DENIS GUZZO


PHOTO © DENIS GUZZO



«We just see what sort of industrial companies are located near a building location and we drive round to ask if they produce scrap». (Jan Jongert)

[04] Villa Welpeloo

Superuse Studio, 2009, Enschede [NL]

La scelta di massimizzare l'uso di elementi recuperati all'interno di un perimetro limitato deriva dalla volontà di contenere le esternalità ambientali, tuttavia consente al contempo ai progettisti di sperimentare inedite funzioni per il loro reimpiego nel progetto. Si indentificano dunque due motivazioni per il riuso:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

iv) culturale.

L'abitazione sorge a Roombeek, quartiere oggetto di riqualificazione a seguito della violenta esplosione di un vicino magazzino che nel 2000 ha distrutto molte abitazioni e causato diverse vittime. Commissionata ai Superuse da una coppia di artisti, questa architettura rappresenta la prima realizzazione dello studio olandese ad aver guadagnato fama internazionale, nonostante l'idea di un edificio costruito con materiali di scarto abbia inizialmente sollevato la ferma resistenza del progettista incaricato del nuovo masterplan urbano. Il risultato ottenuto dai progettisti dimostra la validità di strumenti come le *harvest map* nel recuperare elementi reimpiegabili per la costruzione, malgrado il raggio contenuto per l'approvvigionamento dei materiali, in questo caso pari a 15 km dal sito. Tale circostanza è naturalmente subordinata alla necessità di una adeguata visione creativa da parte degli autori, la quale risiede sia nella capacità di individuare risorse interessanti nella fase di *scouting* che nel saper ideare applicazioni appropriate delle stesse. Gli elementi di reimpiego utilizzati nella costruzione di Villa Welpeloo rappresentano circa il 60% del volume totale, assolvendo a diverse necessità funzionali dell'edificio: da quello portante a quello di involucro, dalle finiture interne all'isolamento.

elementi di riuso:
telaio in profilati di acciaio,
travetti di legno,
montacarichi,
pannelli di isolamento in EPS e lana di roccia,
tavole in legno di abete

Le fondazioni in calcestruzzo costituiscono un elemento tecnico di nuova realizzazione, come avviene per impianti, impermeabilizzazioni, rivestimenti interni in cartongesso, intonaci, alcuni serramenti e pavimenti in legno. La mappatura delle attività industriali presenti nei dintorni ha permesso ai progettisti di avere accesso a un approvvigionamento legato a settori differenti da quello edilizio, in grado, tuttavia, di recuperare elementi adattabili anche all'impiego in ambito architettonico. La struttura portante dell'edificio è costituita di profilati in acciaio recuperati da un macchinario tessile di seconda mano, ottenuto in liquidazione, il quale misurava originariamente 4,5 x 10 x 6 m. Il dimensionamento preciso dei profili a fini strutturali è avvenuto solamente a partire dal progetto definitivo, la resistenza meccanica degli stessi è stata calcolata assumendo la peggior qualità dell'acciaio e definendo in base a questo la sezione minima necessaria. Il montacarichi a connessione dei due piani, impiegato durante l'assemblaggio del telaio strutturale, è rimasto all'interno dell'edificio con funzione di "ascensore". Alla struttura principale si affianca un'orditura secondaria in travetti di legno, in parte acquistati da un rivenditore di seconda mano e in parte recuperati da una casa abbandonata. Per ottemperare alle norme antincendio la struttura è stata rivestita di cartongesso. L'isolamento termico proviene da un edificio commerciale in via di demolizione, da cui sono stati recuperati pannelli in EPS e lana di roccia in quantità sufficienti per ottemperare alla normativa. Il rivestimento esterno dell'involucro deriva dal recupero, gratuito, di circa 500 bobine di legno utilizzate per avvolgere cavi elettrici. Ciascuna di esse ha permesso di ricavare 30 tavole dal tamburo, svitando le sei barre filettate che connettono i due elementi circolari. Le tavole possiedono la medesima dimensione, non presentano ulteriori giunzioni metalliche, sono integre e pulite poiché erano riparate dal cavo stesso, tuttavia, essendo di legno di abete, sono state trattate per incrementarne la durabilità. A queste scelte si aggiungono quelle relative al disegno dei mobili interni, dei corpi illuminanti, e di alcuni rivestimenti che intendono massimizzare la quota di elementi reimpiegati all'interno dell'edificio. In termini di *carbon footprint*, le scelte inerenti al reimpiego di struttura metallica e rivestimento in legno hanno prodotto emissioni di CO_{2eq} in misura pari al 5% e al 12%, rispettivamente, se confrontate con analoghe soluzioni costruttive realizzate con elementi nuovi. Dal punto di vista economico, il costo di costruzione di villa Welpeloo si colloca al di sotto di quello di mercato, calcolato per una casa della medesima fascia costruita in modo convenzionale.

Gorgolewski, M., 2018. Resource salvation: the architecture of reuse. Hoboken (USA): Johns Wiley & Sons Ldt; Keuning D., 2010. Second-hand history. *Mark* 24, 119-129; Sauer C., 2011. "Super-Use"-Living. *MD mag* 2, 44-47; "Wohnhaus in Enschede". *Detail* 12/2010, 1314-1318. Immagini: Superuse Studios / Allard van der Hoek









«The project embraces that it will continue to change with time through rust, decay and repair». (Raffaello Rosselli)

[05] Tinshed

Raffaello Rosselli, 2011, Sydney [AU]

La conservazione delle lamiere esistenti come elemento simbolico del contesto è stata la premessa principale allo sviluppo del progetto sin dal concept. Il reimpiego delle stesse intende creare un legame con la memoria storica del luogo, caratterizzando al tempo stesso l'edificio. Da queste premesse emergono due motivazioni per il riuso:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) ambientale;

iv) **culturale**.

Il caso studio si colloca molto lontano dal contesto europeo, in un continente che può essere considerato giovane dal punto di vista del tema della permanenza degli edifici. Queste circostanze hanno motivato l'attento sguardo critico con cui il progettista ha osservato il contesto in cui sarebbe intervenuto. In particolar modo, il sito di progetto, collocato in un lotto d'angolo di un quartiere residenziale dei sobborghi di Sydney, era caratterizzato da una preesistenza dal carattere modesto, una baracca di due piani priva di aperture e rivestita di lamiere ondulate. Queste ultime, applicate in fasi diverse per supplire in modo immediato alle necessità di riparazione, erano caratterizzate da diversi gradi di corrosione e colori. Nonostante la struttura non possedesse un valore economico (al di là di quello immobiliare dell'area su cui insisteva), né fosse riadattabile in alcun modo alla funzione prevista dal progetto – quella di *home office* – l'architetto vi ha individuato un valore rappresentativo della cultura del sobborgo australiano post-industriale. Si trattava, infatti, dell'ultima baracca di questo genere ancora presente nel quartiere. Per tale motivo, Rosselli ha voluto integrare nel nuovo edificio i molti strati di lamiera che, accumulandosi nel tempo, hanno via via costituito l'involucro metallico, così da mantenere la memoria di quello precedente.

elementi di riuso:
lamiere ossidate preesistenti

A tale scopo, i vari elementi, eterogenei in dimensione e proporzioni, sono stati smontati e inventariati prima dell'avvio dei lavori. È stata successivamente realizzata una nuova costruzione con una struttura lignea a telaio, per la quale sono state previste finiture di due tipi diversi sulle facciate dell'edificio. La scelta del progettista è stata quella di rivestire tre fronti del fabbricato, tra i quali i due prospicienti la strada, con le medesime lamiere dello *shed*, giustapposte. La finitura della quarta facciata è stata invece realizzata mediante pannelli di fibrocemento. Su tutti i fronti sono disposte delle aperture, i cui imbotti realizzati in acciaio corten sporgono con evidenza dalla superficie esterne. In tal modo viene accentuato il contrasto tra i tagli delle forature e i pannelli di lamiera, posti in opera con un disegno irregolare, ricercando tuttavia un'armonia cromatica. La scelta di reimpiegare l'involucro preesistente permette di continuare a registrare sulle superfici metalliche gli effetti del *weathering*, dell'obsolescenza e delle conseguenti necessarie riparazioni o sostituzioni delle lamiere. In contrasto con l'eterogeneità delle facciate, gli interni sono trattati in modo sobrio, con pareti intonacate e pavimentazioni in laminato.

"Tinshed, Redfern, Sydney, Australia, 2011. Raffaello Rosselli". *Casabella* 832/2013, 94-97; "Tinshed / Raffaello Rosselli" 07 Dec 2019. ArchDaily. Accessed 27 Oct 2020.



<https://www.archdaily.com/357865/tinshed-raffaello-rosselli> ISSN 0719-8884; "Raffaello Rosselli: 'The ambiguity of hand drawings allows you to discover unexpected directions'" 25 Aug 2016. The Architectural Review. Accessed 27 Oct 2020. <https://www.architectural-review.com/awards/raffaello-rosselli-the-ambiguity-of-hand-drawings-allows-you-to-discover-unexpected-directions>. Immagini: Raffaello Rosselli / Mark Skye / Richard Carr







« [...] we were thinking – what kind of house can actually be more than what the remind of the site was?». (Pinkish Shah)

[06] Collage House

S+PS Architects, 2015, Navi Mumbai [IN]

La posizione degli architetti circa gli obbiettivi del progetto viene espressa chiaramente e intende coniugare tre aspetti propri del reimpiego di elementi: la riduzione degli impatti, la conservazione della cultura materiale e le possibilità formali che da ciò derivano. Emergono dunque tre ragioni per il riutilizzo di elementi:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

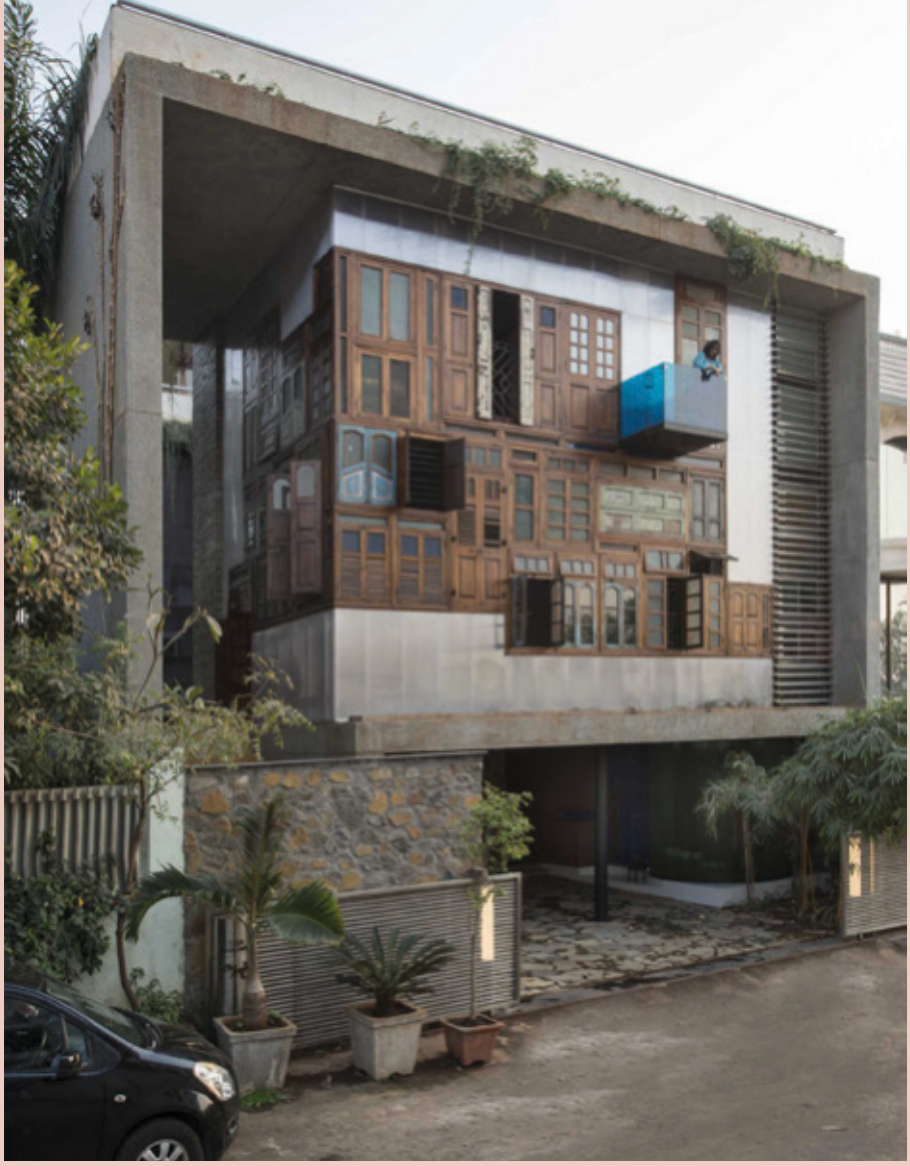
iv) **culturale**.

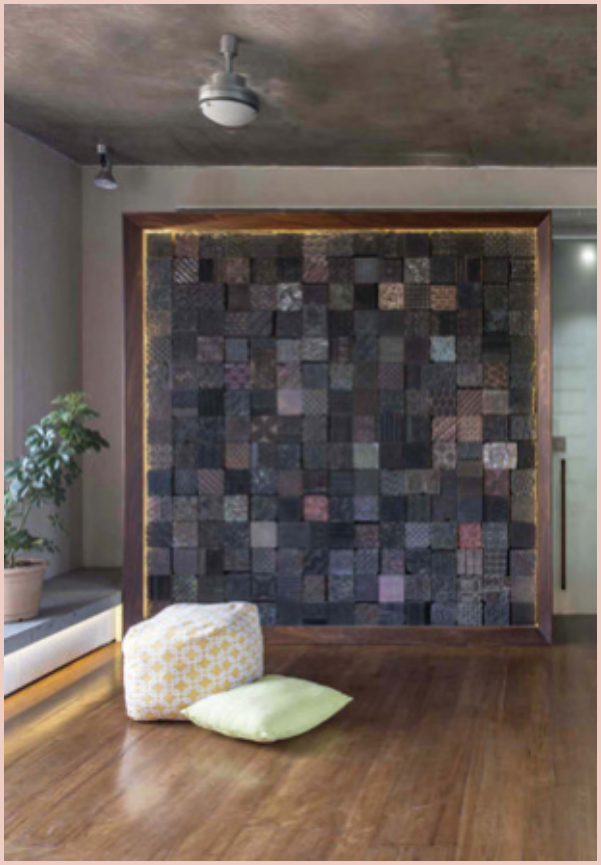
Nonostante l'edificio, ubicato in un'area dei sobborghi di Navi Mumbai, sia destinato a una committenza evidentemente facoltosa, le scelte progettuali che ne determinano la profonda espressività fanno tesoro dell'ingegno, dell'intraprendenza e della adattabilità che caratterizzano gli insediamenti informali indiani. Gli architetti hanno infatti voluto sperimentare l'applicazione di questo approccio al progetto, soffermandosi sul concetto di "recupero" da punti di vista diversi: da quello più materico, che influisce anche sugli aspetti energetici, a quello di preservazione della memoria, convertito da intangibile a tangibile attraverso la conservazione di elementi architettonici propri del contesto. Il tema del reimpiego è infatti stato scelto dai progettisti come *fil rouge* del processo progettuale non solo per le possibilità che esso offre dal punto di vista espressivo e caratterizzante, ma anche come strategia con la quale porre un freno alla ingente produzione di rifiuti, una delle principali sfide della società contemporanea.

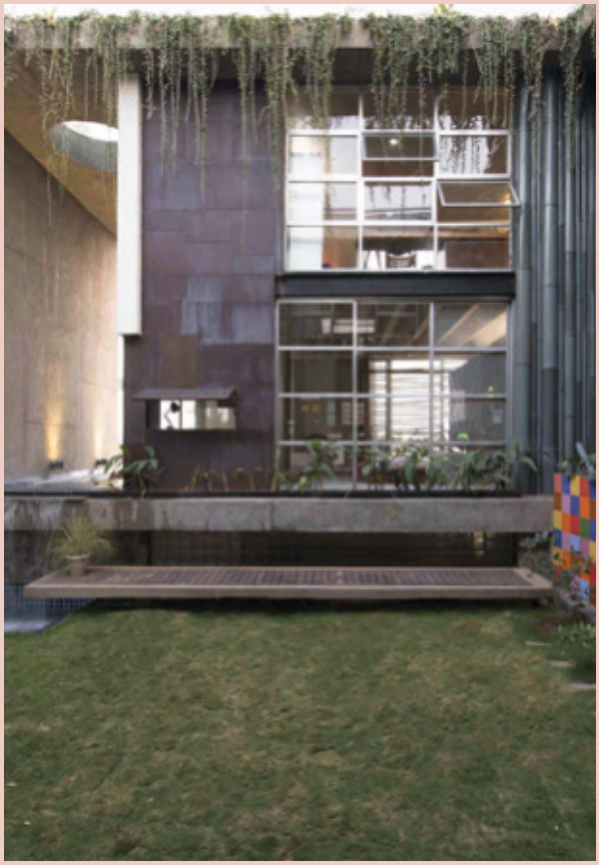
elementi di riuso:
serramenti (porte e finestre),
lamiere e tubi metallici,
lastre di pietra,
presse decorate da stampa e tessuti tradizionali,
colonne lignee di architetture tradizionali

Il lotto è collocato su di una collina tra due edifici esistenti e la residenza si sviluppa intorno a una corte centrale posta al primo piano, sotto alla quale, a livello dell'ingresso di servizio, è stata realizzata una vasca di accumulo delle acque meteoriche, qui convogliate dalle coperture. La matericità della casa è dettata dalla eterogeneità dei materiali impiegati nelle sue superfici – tema di progetto ribadito dalla denominazione dell'edificio – una varietà tenuta insieme, a livello formale, dalla struttura a cornice in calcestruzzo che riquadra il fronte su strada. Questo involucro assume una conformazione diversa, più aperta, in corrispondenza della corte, mentre diviene una facciata cieca lungo i prospetti confinanti con le abitazioni vicine. Il fronte principale, un collage di porte e finestre recuperate da edifici in demolizione della zona, esprime pienamente i concetti alla base del progetto, enfatizzandoli attraverso l'inserimento di materiali dichiaratamente nuovi come il policarbonato impiegato per il parapetto del terrazzino che, aggettando, si inserisce nel disegno dei serramenti. Anche all'interno dell'abitazione e negli spazi che si affacciano sulla corte sono presenti numerosi elementi di rivestimento di reimpiego, dalle sottili lastre di pietra – materiale di scarto dello stesso cantiere e di altri nei pressi – a porzioni di tubi metallici e lamiere, dal tessuto tradizionale reimpiegato per foderare le sedute a delle presse da stampa in cemento assemblate in una partizione verticale. L'onnipresenza dei più disparati materiali ed elementi di riuso nell'edificio intende esprimere la volontà dei committenti di riproporre il tema a scale diverse, curandolo fino al dettaglio.

"Collage House / S+PS Architects" 24 Apr 2016. ArchDaily. Accessed 27 Oct 2020. <https://www.archdaily.com/786059/collage-house-s-plus-ps-architects> ISSN 0719-8884; Zachariah S., "Collage House". 28 Apr 2016. Domusweb. Accessed 27 Oct 2020. <https://www.domusweb.it/it/architettura/2016/04/28/s_ps_architects_collage_house.html>; "Collage House in Navi Mumbai by S+PS Architects". Interview to Pinkish Shah, S+PS Architects. Accessed 27 Oct 2020. < https://www.facebook.com/watch/?v=1793525960746433>. Immagini: S+PS, Sebastian Zachariah, Ira Gosalia, Pinkish Shah.







« [...] extending the lifecycle of already-manufactured objects, expanding the potential of existing systems». (LOT-EK)

[07] Carroll House

LOT-EK, 2016, Brooklin [US]

La scelta di prolungare la vita utile dei container, seppur adottata anche perché vantaggiosa in termini ambientali, rivela il forte interesse da parte dei progettisti nell'esplorare le potenzialità formali degli elementi a disposizione. Da ciò emergono le ragioni all'origine del riuso:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

iv) culturale.

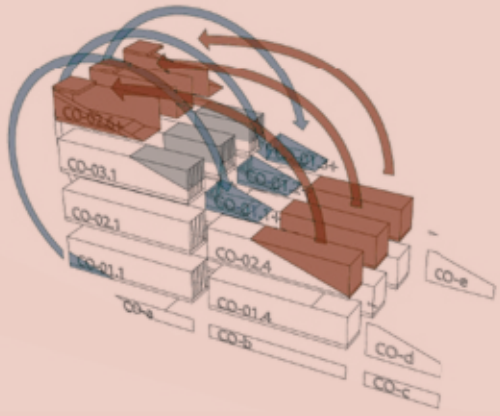
Ada Tolla e Giuseppe Lignano, partner fondatori di LOT-EK, da decenni realizzano costruzioni residenziali e commerciali implementando l'*upcycling* di materiali e prodotti sperimentando, in particolar modo, le opportunità offerte dal riutilizzo di container in architettura. La Carroll House fa parte di questa tipo di realizzazioni, all'interno delle qualisi distingue non solo per avere una struttura interamente costituita da container, 21 in totale, bensì anche per il particolare profilo diagonale che ne caratterizza gli alzati.

elementi di riuso:
21 container

Collocata in un lotto rettangolare molto allungato, posto all'intersezione tra due strade, grazie al taglio inclinato conferito sia alla base che al coronamento dei fronti maggiori la costruzione assume delle forme dinamiche mantenendo, al contempo, le parvenze di un monolite omogeneo. La superficie ondulata di queste facciate è interrotta da quattro fasce orizzontali, corrispondenti alle chiusure inferiori e superiori dei container, e da tagli verticali di larghezza variabile ove sono alloggiate delle vetrate fisse. Dei due fronti minori, quello su strada è trattato con l'apertura di finestre "a nastro" di altezze differenti per ciascun piano dell'abitazione, mentre quello sul retro affaccia su un cortile privato scoperto, schermato dalla strada per mezzo delle pareti perimetrali dei container.

I container sono stati recuperati in New Jersey, successivamente trasportati, rinforzati ove necessario, lavorati secondo i profili inclinati e, infine, impilati in cantiere per mezzo di una gru in soli 4 giorni. Questi elementi scatolari di acciaio sono stati fissati tra di loro con il sistema *twistlock*, comunemente usato sulle navi porta-container per assicurarli al mezzo, e successivamente saldati. Le superfici del volume interno sono state finite con contropareti e controsoffitti, nell'intercapedine dei quali è stata alloggiata della fibra di cellulosa come isolante termico. Il sedime rettangolare della residenza presenta la larghezza di tre container sul fronte corto (ca. 7,50 m) e si sviluppa nella facciata maggiore per la lunghezza di due container, arrivando con il cortile privato a saturare il lato maggiore del lotto (30 m). La lavorazione degli elementi scatolari secondo un profilo diagonale permette di utilizzare le sezioni rimasse perché "in eccesso" per integrare le superfici e i volumi "in difetto", garantendo la continuità del coronamento inclinato dell'edificio. In questo modo viene progettato uno spazio aperto per ciascun livello della casa, realizzando delle terrazze che affacciano sul cortile privato. Tutti questi spazi sono connessi tra di loro da una scala esterna che corre lungo il fronte cieco, in parallelo all'edificio posto sul lotto contiguo. Il sistema di aperture vetrate dei due fronti minori garantisce una ventilazione incrociata in ciascun ambiente della residenza.

Köhler F., 2018. "Carroll House in New York City". *Detail* 10, 46-51; Minutillo J., 2017. "House of the month". In: *Architectural Record* 2015, 39-40; "Carroll House / LOT-EK" 12 Oct 2017. ArchDaily. Accessed 27 Oct 2020. <https://www.archdaily.com/881396/carroll-house-lot-ek> ISSN 0719-8884.
Immagini: LOT-EK / Danny Bright / Silman











«Se actúa como en el rodaje de un documental; con un guión claro de inicio, pero en el que caben la realidad y la improvisación». (David Sebastian)

[08] Casa en Tres Primaveres

David Sebastian, 2017, Teruel [ES]

Il reimpiego, dal taglio quasi artigianale, degli elementi di carpenteria recuperati nella preesistenza e nei dintorni, nasce dalla volontà di conservare la cultura materiale del luogo inserendola in un contesto nuovo, ma consapevole delle tradizioni costruttive. Tale approccio si fonda sulle motivazioni:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) ambientale;

iv) **culturale**.

Il caso studio riguarda il progetto di una abitazione per le vacanze condivisa da tre famiglie. Realizzato in una zona interna della Spagna, è stato costruito con un budget molto ridotto e caratterizzato dall'impiego di maestranze del luogo, dalla costante presenza dell'architetto in cantiere e dalla costruzione in fasi brevi e discontinue - tre primavere successive, da cui la denominazione dell'edificio.

L'intervento si relaziona con una preesistenza rurale, un fienile di due piani circondato da un muro di cinta e può essere considerato un recupero di questo fabbricato, poiché, pur mutandone la destinazione d'uso, ne mantiene il volume, i muri di pietra perimetrali e le travi di copertura. La preesistenza determina i caratteri geometrici dei nuovi elementi che sono inseriti all'interno del suo guscio, come la dimensione del patio centrale e la pendenza della copertura a due falde. Gli spazi abitativi assumono un carattere introverso, affacciando sul vuoto a doppia altezza e aprendosi alla vista verso l'esterno solamente sui fronti in direzione della campagna circostante. Il patio, principale accesso dall'esterno, serve da distributivo alle tre unità abitative che possiedono ingressi separati, ma che condividono un'area comune racchiusa tra i muri in pietra del piano terra e che contiene gli ambienti di cucina, pranzo e soggiorno. La porzione di nuova costruzione persegue un approccio di economia dei mezzi, impiegando i sistemi costruttivi più facilmente reperibili dai fornitori del luogo e dunque familiari alle maestranze: materiali ceramici, legno e calcestruzzo. Le strutture di elevazione portanti sono realizzate mantenendo una sezione di 24 cm comune a tutti gli elementi da costruzione impiegati: blocchi alveolari e rettificati, blocchi di laterizio semipieni tradizionali, travetti in calcestruzzo precompresso accoppiati per gli architravi, cordoli metallici. Le superfici non sono intonacate, lasciando a vista la stratificazione così prodotta dalla giustapposizione dei vari elementi impiegati. Il processo costruttivo dilatato nel tempo ha permesso di modificare i dettagli del progetto costantemente, integrando man mano elementi recuperati sia all'interno del vecchio fienile che in analoghi edifici rurali in rovina nei dintorni. Gli elementi reimpiegati in maggior numero sono di carpenteria: porte, serramenti, scuri, parapetti in legno, che sono stati catalogati, puliti e progressivamente inseriti negli involucri delle nuove volumetrie.

elementi di riuso:
carpenteria lignea (travi, porte, serramenti, scuri, parapetti)

"Casa en Tres Primaveras". *conarquitectura* 68 (2018), 71-74; <http://hicarquitectura.com/2018/06/david-sebastian-casa-en-tres-primaveres/>. Immagini: Adria Goula / Jordi Salinas













« [...] we bring the value and history of the used materials into a new, fresh community». (Anders Lendager e Dytte Lysgaard Vind)

I progettisti dichiarano in modo esplicito come la volontà di perseguire il riuso sia dettata dalla capacità di quest'ultimo di apportare benefici sostenibili da più punti di vista, evidenziando le motivazioni:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

iv) **culturale**.

[09] Resource Rows

Lendager, 2018, Copenhagen [DK]

L'intervento di Lendager rappresenta in pieno la filosofia dello studio, improntata sull'adozione dei processi circolari in architettura per ottenere vantaggi su un duplice fronte. Da un lato, infatti, riciclo e reimpiego in edilizia permettono di ridurre l'impronta ecologica delle aree urbane contemporanee, e, dall'altro, diventano strumenti per alimentare la consapevolezza ambientale della comunità e migliorarne la qualità della vita. Questa duplice prospettiva costituisce la base del progetto Resource Rows, edificio residenziale realizzato a seguito della vittoria di un concorso di progettazione. L'interesse dei progettisti nell'intercettare i flussi di materiale a disposizione a Copenhagen ha permesso di valorizzare elementi di recupero di varia natura nella costruzione dell'edificio, consentendo al tempo stesso di restare in linea con i prezzi di mercato per unità di pari caratteristiche, ma realizzate con materiali nuovi.

elementi di riuso:
porzioni murarie di una testa,
assi in legno di larice

Il concept è espresso in modo manifesto dalle facciate esterne del complesso, che raccoglie intorno a una corte privata 92 unità abitative, secondo una configurazione a torre sui lati minori e a schiera lungo quelli maggiori. La scelta di Lendager è stata quella di impiegare i paramenti murari di edifici in disuso, prossimi alla demolizione, quale fonte di risorse materiali da inserire nel nuovo edificio, secondo la logica dello *urban mining*. Al fine di recuperare porzioni intere di muratura, è stato ideato un metodo per asportarle attraverso dei tagli effettuati con la sega a disco. Le singole sezioni così ottenute, provenienti da edifici diversi, sono state in seguito giustapposte per comporre dei moduli di rivestimento, da integrare in un sistema progettato per essere disassemblato. I moduli, di circa 3 mq ciascuno, rinforzati sul retro da un getto di calcestruzzo e delimitati da una cornice in acciaio, sono così stati ancorati alla struttura portante dell'edificio. In tal modo, la tessitura eterogenea del rivestimento evita il *downcycling* delle murature originarie, contribuendo a portare dei "pezzi di storia" in un quartiere residenziale di nuova costruzione. Secondo materiale recuperato e utilizzato in modo estensivo nel progetto è il legno. Gli attuali lavori di espansione della metropolitana di Copenaghen fanno infatti un uso estensivo di legno di larice per la realizzazione dei tunnel, 300 tonnellate del quale sono state recuperate dai progettisti prima che venisse destinato a incenerimento. Questo è stato impiegato negli esterni dell'edificio, come rivestimento e pavimentazione, dopo essere stato trattato secondo la tecnica giapponese dello *Yakisugi* per renderlo ignifugo e non soggetto ad attacchi biologici, evitando in tal modo l'impiego di prodotti chimici. I pavimenti interni delle abitazioni sono invece stati realizzati con del legno di scarto di un'azienda del luogo. Gli impianti in copertura permettono il recupero delle acque piovane per gli sciacquoni dei bagni e l'irrigazione dei giardini pensili. Al fine di incentivare il senso di comunità dei residenti è stata realizzata una passerella che connette le due porzioni del tetto verde delle case a schiera. Reimpiegando una trave a doppia T recuperata da un edificio industriale che, essendo più lunga della dimensione della corte da coprire, è stata posta in opera in diagonale.

Lendager A., Lysgaard Vind D., 2019. A changemaker's guide to the future. Copenhagen: Lendager group; Wilson R., 2019. The only way is upcycling. In: *Architects' Journal*, 246 (15), pp. 18-28; Gorgolewski M., 2018. Resource salvation: the architecture of reuse. Hoboken (USA): Johns Wiley & Sons Ldt.
Immagini: Danish Design Review / Lendager Group / Elisa Zatta









« [...] that is exactly why we are trying to lead the way with Upcycle Studios - getting more by using less». (Anders Lendager e Dytte Lysgaard Vind)

[10] Upcycle Studios

Lendager, 2019, Copenhagen [DK]

Il progetto intende minimizzare l'impronta materiale degli edifici, ricorrendo a risorse recuperate dai flussi materiali diretti a smaltimento. L'esito del reimpiego deriva dalla visione creativa adottata dai progettisti nel riutilizzarli mantenendo un approccio orientato all'efficienza energetica. Vi si riconoscono le ragioni:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

iv) culturale.

Seconda realizzazione di Lendager nel quartiere residenziale di Ørestad, il complesso ospita 20 case a schiera sviluppate su tre livelli, l'ultimo dei quali parzialmente scoperto. La concezione alla base del progetto si basa sulle dinamiche della vita quotidiana contemporanea, che richiede flessibilità nell'uso degli spazi e rende labile il confine tra il tempo convenzionalmente dedicato al lavoro in ufficio e quello speso nella propria abitazione. Ciò si riflette nel distributivo delle unità, che permette di ritagliare uno studio o laboratorio indipendente all'interno dell'abitazione o, se necessario, di frazionarla. Ciò intende incoraggiare l'uso intensivo del fabbricato nell'arco della giornata, evitando così di impiegare risorse materiali e consumare suolo costruendo della volumetria che viene utilizzata solo in determinate fasce orarie.

elementi di riuso:
vetrocamera di serramenti recuperati,
pavimentazioni di legno

Al concetto di intensità d'uso degli spazi si affianca quello di riduzione dell'impronta materiale della costruzione, attraverso l'applicazione di strategie circolari. Come nel caso di Resource Rows, questo avviene "intercettando" diversi flussi di risorse nell'area urbana e regionale. Le strutture portanti in calcestruzzo, evidenti nei setti che costituiscono la separazione tra le schiere, sono state realizzate valorizzando i rifiuti da C&D prodotti dai lavori per le linee metropolitane di Copenhagen. Lendager ha infatti recuperato 1400 tonnellate di questo materiale di scarto, che è stato frantumato e usato come aggregato per il 50% circa del totale necessario, in peso, nella costruzione degli elementi in calcestruzzo degli Upcycle Studios. Questo ha permesso da un lato di limitare la quantità di rifiuti prodotti e, al contempo, di ridurre le emissioni e la CO_2 generati da un analogo intervento realizzato con l'impiego di materie prime. I progettisti hanno inteso implementare il concetto di circolarità in architettura, in questo caso come in quello precedentemente indagato, rendendolo manifesto nelle facciate dell'edificio. La doppia altezza che caratterizza ciascuna delle unità è infatti chiusa da una grande vetrata, composta per il 75% da vetrocamera recuperati da edifici residenziali in ristrutturazione nello Jutland del nord. Questi elementi sono integrati in una nuova cornice di legno, composta di telai in parte fissi e in parte apribili, creando in tal modo un pattern eterogeneo attraverso la composizione di serramenti di differenti dimensioni, spessori e orientamenti. Le prestazioni energetiche necessarie per ottemperare ai requisiti di legge sono assicurate dall'accostamento di due chiusure così realizzate, separate da una intercapedine di aria. Un terzo flusso di materiale reimpiegato è quello ligneo, poiché tutti gli elementi di rivestimento delle facciate e di pavimentazione interna sono realizzati da scarti di produzione di un'azienda locale.

Lendager A., Lysgaard Vind D., 2019. A changemaker's guide to the future. Copenhagen: Lendager group; Hespel C., 2019. 20 maisons de ville, Copenhague: Lendager Group. *Moniteur Architecture AMC Hors-Serie 2019: Habitat*, 72-77; Gorgolewski M., 2018. Resource salvation: the architecture of reuse. Hoboken (USA): Johns Wiley & Sons Ldt. Immagini: COAST - Rasmus Hjortshøj / Lendager Group / Elisa Zatta









«Der Bau ist keine eigentliche Architektur, er ist reduziert auf das Nötigste [La costruzione non è propriamente un'architettura, è ridotta all'essenziale]». (Spillmann ed Echsle)

[11] Freitag Flagship Store

Spillmann Echsle, 2006, Zurich [CH]

In questa realizzazione gli architetti danno espressione al tema dell'*upcycling* - in linea con la filosofia del brand (cliente) - attraverso il progetto di una struttura iconica e riconoscibile, realizzata con elementi di recupero. Tali circostanze evidenziano ragioni per il riuso di:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) ambientale;

iv) culturale.

L'area in cui si inserisce il progetto, nelle vicinanze di uno scalo ferroviario, è caratterizzata da una destinazione d'uso prevalentemente industriale. Dal punto di vista del tessuto edilizio, ciò si traduce in una trama diffusa di fabbricati commerciali, magazzini e spazi di stoccaggio. La realizzazione di Spillman Echsle inserisce in questo contesto una funzione commerciale prevalentemente diurna, adottando un linguaggio che, riferendosi al contesto e al carattere dei prodotti esposti, introduce un volume spiccatamente verticale.

elementi di riuso:
17 container

Lo showroom di Freitag si sviluppa all'interno di 17 container di riuso individuati e selezionati ad Amburgo, trasportati via treno fino al sito di progetto. I container sono stati mantenuti del loro colore originale e organizzati in una composizione di tre altezze differenti. La necessità di realizzare la costruzione in tempi brevi non consentiva di attendere il periodo minimo per ottenere i permessi di installare una struttura più alta di 25 metri e, per tale ragione, la porzione più alta dello *store* raggiunge l'altezza limite di nove container sovrapposti. La struttura temporanea (ancora presente al giorno d'oggi) vede l'area espositiva e di vendita organizzata all'interno degli elementi posti nei primi quattro livelli, la cui metratura varia dai quattro container del piano terra e primo – uno spazio parzialmente a doppia altezza – ai due container dei piani secondo e terzo, serviti anche da una scala esterna che funge da via d'esodo. Questo spazio è caratterizzato dalla presenza di ampie vetrate sul fronte verso la strada, mentre i cinque livelli superiori, ciechi, non isolati né impermeabilizzati, permettono di raggiungere la terrazza panoramica collocata al livello del nono container. Dal punto di vista statico, i container sono assicurati tra di loro e controventati come nel corso di un trasporto marittimo: il *twistlock*, impiegato anche nel caso studio [07], non si dimostra sufficiente allo scopo e, per tale ragione, a questo sistema sono stati aggiunti dei connettori cilindrici che assicurano adeguata resistenza ai carichi del vento. La scelta di adottare i container come struttura portante e, al tempo stesso, involucro dello *store*, rispecchia l'idea di recupero e riciclo dei prodotti Freitag, inserendosi in modo adeguato nel paesaggio circostante e cogliendo, al tempo stesso, i benefici dettati dalla velocità di messa in opera. I container sono dotati di rivestimento termico e acustico sulle superfici interne, rivestite a norma antincendio, mentre è stato conservato nella sua forma originale il tavolato grezzo di calpestio.

Axel S., 2006. Freitag Flagship Store in Zurich. *Bauwelt* 25, 28-31; von Fischer, S., 2007. Fast wie auf hher See. *Werk, Bauen + Wohnen* 94, 36-39; < https://www.spillmannechsle.ch/?p=4975>. Immagini: Spillmann Echsle / Oliver Nanzig / Roger Frei / Roland Tännler.




17


SHOP
ZH

«We gathered windows that illuminated the town in the past and dedicated our wish that they would serve as a lantern of hope to shine upon the town». (Hiroshi Nakamura + NAP)

[12] Kamikatz Public House

Hiroshi Nakamura + NAP, 2015, Kamikatsu [JP]

Il contesto in cui viene progettato l'edificio determina in modo profondo le caratteristiche dello stesso. La sensibilità dei progettisti permette così di declinare il tema del reimpiego sulla base di quattro motivazioni:

i) **sociale-etica**;

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

iv) **culturale.**

L'intervento di Hiroshi Nakamura e NAP nella cittadina di Kamikatsu si colloca nella sfera delle politiche pubbliche attivate nel corso degli ultimi decenni dalle autorità locali. Ubicata in una zona poco connessa del Paese, nella prefettura di Tokushima, quest'area ha vissuto dai primi anni Duemila un radicale cambiamento nel sistema di gestione dei rifiuti per via della chiusura dei due inceneritori locali, finalizzata a contenere le emissioni da essi prodotte. Gli elevati costi necessari per la messa a norma degli impianti o per il trasposto dei rifiuti in altre strutture hanno costretto gli abitanti della zona a inaugurare una severa condotta in termini di riuso e riciclo, portando, in soli quindici anni, la percentuale dei materiali dirottati dal conferimento in discarica ad oltre l'80% sul totale di rifiuti prodotti.

elementi di riuso:
serramenti,
scarti di tavole in legno di cedro,
mattonelle di ceramica,
porte interne,
arredo

In questo contesto socio-culturale, caratterizzato inoltre da una progressiva contrazione del numero di abitanti, i progettisti sono stati incaricati di realizzare una nuova struttura, ispirata ai principi secondo cui la comunità locale vive, che ospitasse un esercizio aperto al pubblico. Nasce così il progetto per la Kamikatz Public House, i cui locali integrano l'attività di birreria e pub alla vendita sfusa di alimenti e bevande, concepito come un edificio che potesse rappresentare nell'architettura stessa – proprio per il suo carattere "pubblico" [*pub*] - i valori che gli abitanti del luogo ritengono importanti e desideravano espressi. Dal punto di vista planimetrico, ciò si riflette nella disposizione funzionale dei locali secondo la catena di produzione e consumo, dagli ambienti di immagazzinamento delle scorte a quelli commerciali di vendita al dettaglio dei prodotti finiti. La volontà di rendere l'edificio un riferimento per la comunità è manifestata dalla ampia facciata vetrata del prospetto orientato verso il paese, realizzata con 71 serramenti recuperati dalle case abbandonate dei dintorni. Il montaggio di questi elementi in due distinti layer permette di ottenere una doppia pelle trasparete affacciata verso ovest, la cui considerevole altezza consente, durante l'estate, la circolazione dell'aria contenuta nell'intercapedine e, durante l'inverno, di contribuire in modo efficace all'isolamento del fabbricato. Il rivestimento delle altre facciate è realizzato con scarti di tavole di cedro prodotte localmente, mentre la pavimentazione degli ambienti è costituita di mattonelle di ceramica abbandonate, provenienti da una vicina fabbrica non più in funzione. Per l'arredo dei locali sono stati impiegati materiali ed elementi ottenuti dal vicino centro di riciclo, che ospita anche un piccolo negozio di seconda mano per i beni ancora in buono stato di conservazione, ma anche arredi ricevuti dai vecchi uffici comunali e porte di edifici in disuso nei dintorni. Gli spazi commerciali del locale rivelano decine di dettagli ispirati al principio del recupero di risorse materiali locali: dai cardini agli scaffali, ai corpi illuminanti, al rivestimento dell'impianto di condizionamento, tutti realizzati con elementi di reimpiego della più disparata natura, ma recuperati in loco e legati alla storia e alle tradizioni della comunità

Allen K., 2018. "The Project in a Small Japanese Village Setting the Standard for Zero-Waste Architecture" 26 Nov 2018. ArchDaily. Accessed 29 Oct 2020. <https://www.archdaily.com/906114/the-project-in-a-small-japanese-village-setting-the-standard-for-zero-waste-architecture> ISSN 0719-8884; Pollock N.R., 2017. Snapshot. *Architectural Record,* 205 (6), 168; McCurry J., 2020. "'No-waste' Japanese village is a peek into carbon-neutral future". 20 Mar 2020. The Guardian. Accessed 29 Oct 2020. <https://www.theguardian.com/world/2020/mar/20/no-waste-japanese-village-is-a-peek-into-carbon-neutral-future>; <https://www.nakam.info/en/works/kamikatz-public-house/>. Immagini: Hiroshi Nakamura + NAP / Laurian Ghinitoiu / Koji Fujii






RISE & WIN
BREWING CO.

«[To radically change the tower's appearance] would mean making the same mistake [...]: not acknowledging the quality of what already exists». (Rotor)

[13] Multi

Conix RBDM + Rotor, 2020, Bruxelles [BE]

La particolarità e la storia della torre influiscono in modo incisivo sulla scelta degli elementi da reimpiegare. Al principio di riduzione dei rifiuti attraverso il prolungamento della loro vita utile si affianca la volontà di conservare il prodotto di un'epoca passata. In tale contesto, il reimpiego di elementi dell'edificio stesso o di altri coevi è connesso a due motivazioni:

i) sociale-etica;

ii) espressione formale;

iii) **ambientale**;

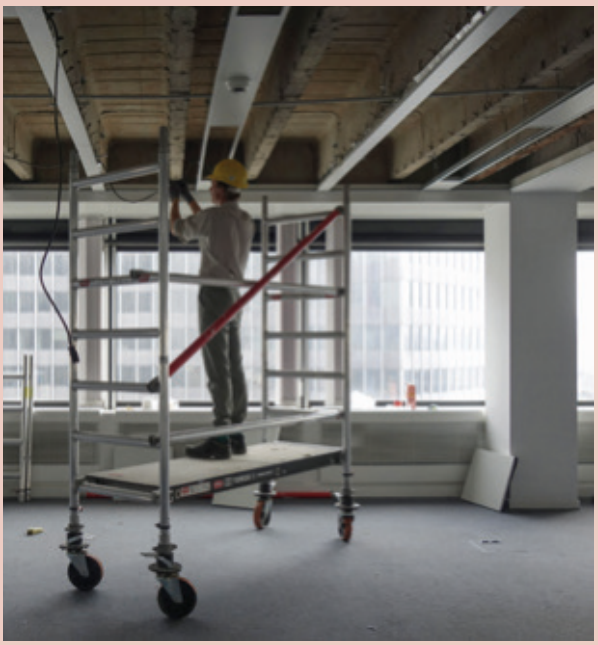
iv) **culturale.**

La ristrutturazione della Torre Brouckère, precedentemente nota come Torre Philips - e futura Multi Tower, è un intervento di cruciale importanza per la cultura architettonica legata alla storia della capitale belga. Da un lato la posizione geografica dell'edificio, collocato in pieno centro cittadino, e, dall'altro, il suo essere lascito tangibile delle dissennate politiche urbane degli anni Sessanta (culminate nell'incompiuto Piano Manhattan) ne determinano l'importanza simbolica. Per tali ragioni, l'ambizione del progetto di Conix RDBM è quella di investire la torre di un ruolo rilevante dal punto di vista pubblico, trasformandola in una piattaforma urbana che funga da connettore del tessuto edilizio e sociale che la circonda. La fase di ricerca sulla preesistenza ha permesso di mettere in luce le caratteristiche della stessa che possono rappresentare un potenziale in termini di sostenibilità, sulle quali basare la rigenerazione. A tale scopo viene incrementato lo spazio pubblico dell'edificio, che arriva da progetto a comprendere l'intero podio e la terrazza soprastante, agendo sulla permeabilità dell'involucro e mirando a rendere l'intervento un esempio emblematico di riconversione di un edificio direzionale moderno in chiave contemporanea.

Dal punto di vista della sostenibilità ambientale, il progetto si propone di raggiungere dei *goal* significativi in termini di certificazione BREEAM e, in tal senso, individua nell'efficienza delle risorse materiali uno dei concetti chiave sul quale agire. Questa circostanza ha determinato la consulenza di Rotor al fine di massimizzare l'impiego di elementi di riuso all'interno del progetto. Questi sono ottenuti il più possibile conservando quelli originali nel corso dei lavori, ma attingendo anche da altri fabbricati i cui interni risalgono allo stesso periodo. In questa prospettiva, il progetto di Multi intende diventare un esempio della possibilità di applicare i principi circolari a grande scala e non solamente in forma episodica. Obbiettivo è quello di raggiungere il 2% sul totale – inteso sia in peso che in termini di valore – di prodotti e componenti di reimpiego. Il progetto è correntemente in fase di realizzazione, dunque non è ancora possibile produrre un elenco definitivo di tutti gli elementi riutilizzati. Tra quelli recuperati nell'edificio stesso vi sono la pietra calcarea blu di pavimentazione e di rivestimento del podio e i profili di alluminio collocati nell'involucro in corrispondenza dei piani e vani tecnici, i quali saranno re-impiegati negli esterni della torre. Il riuso coinvolge anche alcuni elementi interni, come controsoffitti esagonali, pavimentazioni in granito, porte tagliafuoco, pannelli di legno sono reimpiegati. Per i sanitari originali era prevista la re-installazione a seguito di un processo di sanificazione e rimozione del calcare, ipotesi non portata a termine per via della scarsa convenienza economica.

elementi di riuso:
profili di alluminio,
rivestimento in pietra calcarea,
pavimentazioni in legno,
porte tagliafuoco,
controsoffitti

Wilson R., 2020. Q&A: Circular architecture into practice. *Architects' Journal* 247 (4), 24-27; <https://conixrdbm.com/portfolio_page/multi/?lang=en>; <http://rotordb.org/en/projects/multi-de-brouckere-tower>. Immagini: Rotor / Conix RBDM / Elisa Zatta






PHILIPS
ARCHITECTECTES
GROUPE STRUCTURES



«[...] a windshield chapel with mud walls that picks up on the community's vernacular forms and shapes». (Samuel Mockbee)

[14] Glass Chapel (Mason's Bend Community Center)

Rural Studio, 2000, Mason's Bend [US]

Come in tutti i progetti di Rural Studio, il riutilizzo diventa uno strumento per ottimizzare le risorse materiali a disposizione, rispondendo, al tempo stesso, in modo efficace alle necessità della comunità. Tali circostanze permettono di riconoscere due motivazioni al reimpiego di elementi:

i) **sociale-etica**;

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

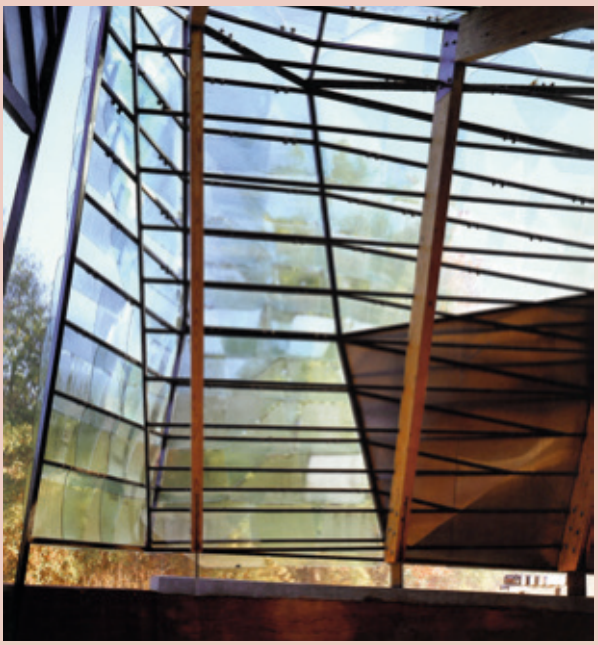
iv) culturale.

Come nel caso del *Playscape* esaminato nella scheda [02], questo progetto di Rural Studio è un lavoro ideato e realizzato da un gruppo di studenti del quinto anno della Auburn University all'interno del loro programma di studio. L'edificio, un padiglione aperto, ha inteso fornire uno spazio polivalente alla comunità di Mason's Bend, nel quale i residenti potessero condurre attività di tipo diverso. Il Centro rappresenta un punto di riferimento per la comunità, assumendo il polivalente ruolo di fermata per i mezzi supportati da finanziamenti pubblici (librerie e unità sanitarie mobili), di luogo di ritrovo all'aperto e, ragione della denominazione acquisita, da cappella ove si svolgono celebrazioni liturgiche.

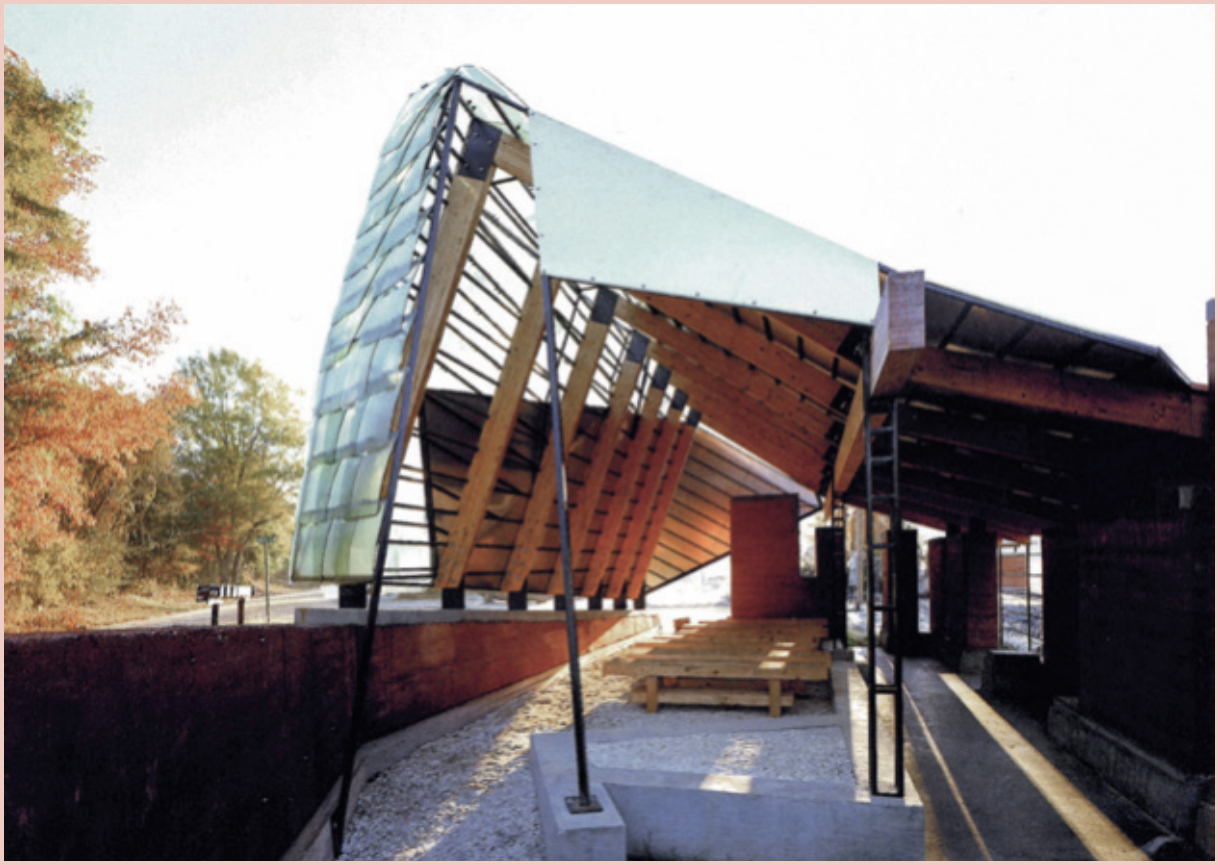
elementi di riuso:
parabrezza di automobili,
profilati di acciaio

La Glass Chapel è caratterizzata, come molti dei progetti di Rural Studio, dall'impiego di materiali di scarto ed elementi di recupero, in virtù sia del ristretto budget a disposizione che della volontà di sfruttare le risorse recuperate senza ricorrere all'impiego di prodotti nuovi. La struttura si sviluppa con pianta poligonale all'interno di due muri in terra battuta, collocati sopra una fondazione in calcestruzzo al di sopra dei quali si attesta una copertura a falde. Questa è sostenuta da una struttura mista, la cui orditura principale è costituita da travi lamellari vincolate da cerniere metalliche al cordolo che corre sulla superficie superiore dei muretti in *pisé*. Alle travi è ancorata la struttura secondaria, realizzata con profili di acciaio di sezione quadrata, sulla quale è fissato il rivestimento di copertura. Il materiale delle travi in legno lamellare è stato recuperato e lavorato dagli stessi studenti, che, con la collaborazione di una falegnameria locale, hanno segato degli alberi di cipresso da cui sono state ottenute le tavole successivamente sottoposte a incollaggio. I profilati metallici dell'orditura secondaria sono invece stati donati da un'impresa del posto, la quale li avrebbe destinati a scarto, e messi in opera a seguito di sabbiatura e verniciatura. La copertura vera e propria è realizzata con due sistemi diversi: in alcune sezioni presenta infatti una superficie di alluminio, mentre in altra è composta di pannelli vetrati discontinui. Questi ultimi sono in realtà dei parabrezza di auto, recuperati da una discarica nei pressi di Chicago e montati l'uno sull'altro con una parziale sovrapposizione, così da garantire un adeguato deflusso delle acque. L'ancoraggio di questi elementi all'orditura metallica avviene per mezzo di bulloni che sfruttano i fori esistenti sul vetro e ai quali è applicata una guarnizione.

Oppenheimer A., Hursley T., 2002. Rural Studio: Samuel Mockbee and an Architecture of Decency, 48-63. New York: Princeton Architectural Press; Hensel M., 2015. Rural Studio: Incarnations of a Design-and-Build Programme. *Architectural Design* 85 (2), 40-47; Pearson J., Robbins M., 2002. University-community design partnerships: innovations in practice, 83-96. New York: Princeton Architectural Press; "Community Care", 1 Mar 2001. *Architectural Review* 209 (1249), 60-61; <http://ruralstudio.org/project/glass-chapel/>. Immagini: Rural Studio / Timothy Hursley







«We call this a 'no memory area' [...] There is no tradition here. I designed this to try to bring their memory back». (Wang Shu)

[15] Ningbo History Museum

Amateur Achitecture Studio, 2008, Ningbo [CN]

L'approccio di Amateur Architecture Studio si caratterizza per la forte attenzione nei confronti delle tecniche costruttive del passato e intende, nel caso in esame, creare un legame con la memoria e la tradizione. Si riconoscono, per questo, motivi del riuso di tipo:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) ambientale;

iv) **culturale**.

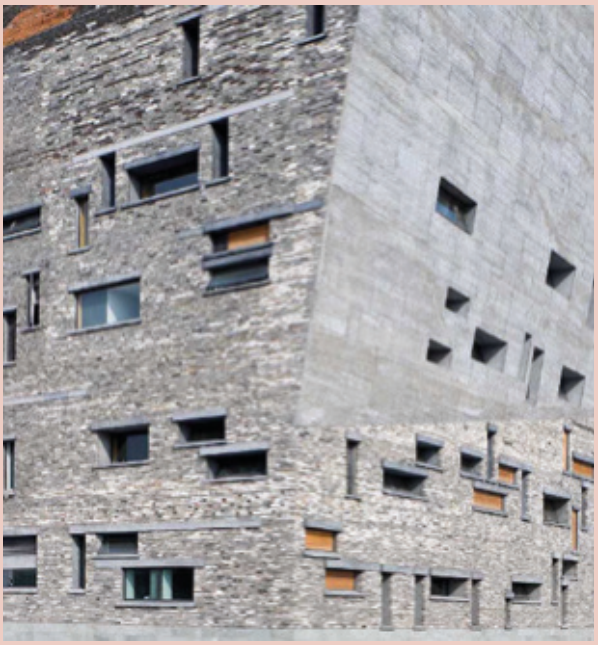
Lo studio fondato da Wang Shu e Lu Wenyu si caratterizza per operare con la consapevolezza del contesto locale, sviluppando i propri progetti in stretta connessione con le tecniche costruttive e con la storia del luogo, impiegando i materiali della tradizione inserendoli all'interno di forme contemporanee. Per tale ragione, questi progettisti dimostrano di dare priorità, nella realizzazione delle loro architetture, alla percezione materica anziché alla sola impressione visivo-formale, privilegiando il pratico allo sperimentale.

elementi di riuso:
mattoni e tegole di edifici tradizionali

Le facciate del museo di storia di Ningbo rappresentano una delle architetture più conosciute in cui lo studio ha reso manifesto questo approccio progettuale. Edificio dalla massa imponente, collocato all'intersezione tra le grandi arterie urbane del distretto direzionale della città, appare come un oggetto scultoreo inserito nel paesaggio. Il sedime rettangolare su cui la costruzione insiste viene progressivamente svuotato e reso irregolare man mano che la si percorre in altezza, fino alla terrazza collocata all'ultimo piano. A questo livello, dove sfociano i vuoti incisi sulla forma piena da due corti interne e dalla monumentale scalinata, gli spazi coperti si separano in quattro volumi modellati con forme poligonali.

La sensazione di solidità trasmessa dalla massa dell'edificio viene intensificata dai materiali scelti per la realizzazione delle chiusure che affacciano sugli spazi aperti. La parte basamentale dell'edificio è realizzata in calcestruzzo a vista, la cui superficie scabra denuncia l'impiego di casseforme di bambù, al di sopra della quale le facciate acquisiscono una più eterogenea matericità. Mattoni e tegole, come frammenti incontrollabili caratterizzati da diversi materiali, dimensioni e colori, creano una *texture* completamente irregolare, a dimostrazione della libertà garantita agli operai e artigiani impegnati nell'attività. Tali elementi sono stati recuperati dalla demolizione di edifici storici collocati nell'area e successivamente integrati nella muratura utilizzando una tecnica tradizionale nota come *wa pan*. Questo metodo veniva un tempo impiegato dai contadini della regione per ricostruire le proprietà distrutte dal passaggio dei tifoni ma, nonostante avesse ampia diffusione nel passato, non tutti gli artigiani del luogo ricordavano ancora come realizzare tale sistema costruttivo. I progettisti non hanno potuto governare in dettaglio l'esito formale di questo processo corale, costretti, in un certo senso, a lasciare che il disegno delle superfici procedesse secondo una propria logica nel ri-produrre una progressiva stratificazione storica e materiale.

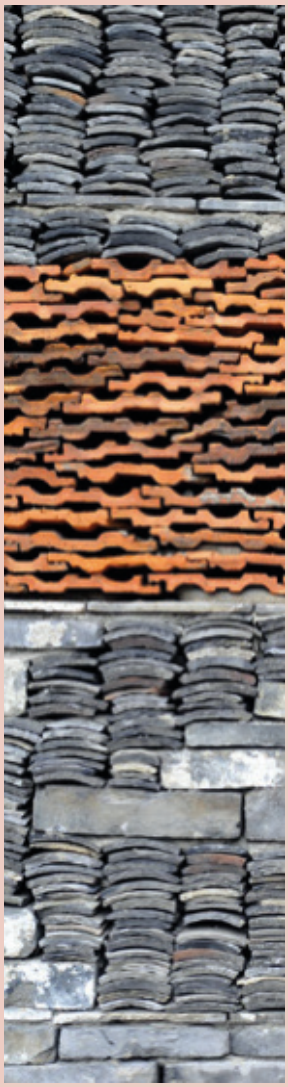
McGetrick B., 2009. Ningbo History Museum. *Domus* 922, 67-74; Chakroff E., 2012. Recasting History: The Ningbo Historic Museum. *Log* 24, 57-62; Wohler T., 2010. Ningbo Museum. *Architectural Review*, 227, 56-63; "Ningbo Historic Museum / Wang Shu, Amateur Architecture Studio" 22 Feb 2009. ArchDaily. Accessed 20 Oct 2020. <https://www.archdaily.com/14623/ningbo-historic-museum-wang-shu-architect> ISSN 0719-8884. Immagini: Amateur Architecture Studio / Lu Hengzong / Iwan Baan











«[...] il progetto non intende solo favorire il logico riciclo dei materiali da costruzione, ma anche riabilitare i segni dell'architettura moderna del Dopoguerra». (KARO*)

[16] Open air library

KARO* Architects, 2009, Magdeburg [DE]

L'aspetto partecipativo del progetto di KARO evidenzia l'importanza della comunità e delle sue richieste nell'ideazione dell'edificio. La preservazione degli elementi permette dei benefici trasversali, denotanto delle motivazioni:

i) **sociale-etica**;

ii) espressione formale;

iii) **ambientale**;

iv) **culturale**.

L'occasione per realizzare una biblioteca all'aria aperta nel quartiere di Salbke, a Magdeburg, è nata grazie ai fondi del programma ExWoSt (*Experimenteller Wohnungs und Städtebau*) per progetti innovativi in favore della coesione sociale e della fruizione delle aree urbane da parte di famiglie e anziani. A partire dal 2005, Karo* ha avviato un processo partecipativo finalizzato a individuare le necessità degli abitanti della zona, nel corso del quale è emerso come la demolizione della precedente biblioteca di quartiere fosse stata percepita come un peggioramento nella qualità della vita. Il progetto di ricerca si è articolato attraverso dei workshop di progettazione partecipata, volti alla ri-appropriazione del lotto della biblioteca, rimasto vuoto e incolto, per insediarvi una nuova struttura con la medesima funzione. Una prima fase ha visto la realizzazione di un *mock-up* temporaneo della costruzione, realizzato riutilizzando un migliaio di casse di birra in plastica donate da un rivenditore di bevande locale. Nonostante l'installazione fosse rimasta in sede per soli due giorni, gli abitanti del quartiere hanno espresso la volontà di mantenere una struttura informale, ma permanente, della quale avrebbero preso in carico la gestione.

elementi di riuso:
moduli di rivestimento in alluminio

I progettisti hanno successivamente disegnato la versione definitiva della biblioteca, dotandola di una pianta allungata lungo il limite nord-est del lotto. Questa stecca, che ospita una lunga seduta coperta da una pensilina, alcune nicchie con sedute e dei vani dove sono riposti i volumi, culmina in un blocco a doppia altezza. L'impianto e l'arredo urbano definiscono uno spazio aperto nel quale è stato realizzato un piccolo palco per incentivare la fruizione dell'area da parte della comunità. La scelta degli architetti è stata quella di trattare le superfici dei prospetti interni ed esterni in modo differente, utilizzando dei listelli verticali di larice nel primo caso e un rivestimento metallico nel secondo. Ciò è stato possibile grazie alla contestuale demolizione di un grande magazzino Horten nella città di Hamm, edificio realizzato nel 1966. Questa fortuita coincidenza ha infatti consentito il recupero dei caratteristici moduli quadrati di alluminio che costituivano il tratto distintivo della catena commerciale e che componevano la facciata del grande magazzino. Tale idea è stata condivisa dai cittadini, che si erano espressi in favore di scelte volte all'impiego di materiali da costruzione riciclati. Inoltre, questo processo di riappropriazione ha rappresentato per i progettisti la possibilità di conservare dei tratti formali e materiali distintivi dell'architettura moderna del luogo. Dato che non era più possibile risalire alle schede tecniche del rivestimento è stato necessario richiedere una approvazione ad hoc presso l'autorità locale competente in materia edilizia. I test eseguiti hanno dimostrato la solidità statica del sistema costruttivo, determinando l'assenso al reimpiego dei moduli di rivestimento, completi della sottostruttura originaria, per la loro posa in opera senza il bisogno di rinforzi aggiuntivi. La struttura portante della biblioteca, collocata su fondazioni in calcestruzzo, è costituita da un telaio di profilati in acciaio ed è dunque decostruibile. Gli elementi modulari in alluminio di reimpiego sono stati sottoposti a una verniciatura a polvere prima della loro nuova messa in posa.

Etherington R., 2009. "Open-Air Library by Karo" 28 Oct 2009. Dezeen. Accessed 02 Nov 2020. < https://www.dezeen.com/2009/10/28/open-air-library-by-karo/>; Flannery J.A., Smith K.M., 2014. Eco-Library Design, 76-85. Dordrecht: Springer; "Open-Air Library in Magdeburg". *Detail* 12/2010, 1304-1309; "KARO* architekten with Architektur+Netzwerk: Open-Air-Library Magdeburg". In: A+U 488 (2011), 64-67; <https://miesarch.com/work/2769>. Immagini: KARO Architects / Anja Schlamann


Horten











«We're searching to create identity in a world of globalisation, especially when designing public buildings and public space». (Francine Houben)

[17] Kaap Skil Maritime and Beachcombers museum

Mecanoo, 2011, Texel [NL]

Il progetto intende offrire un omaggio alle tradizioni e alla storia dell'isola, reinterpretando la consuetudine del recupero di materiali comune, nel passato, tra i suoi abitanti. Per tale motivo, le ragioni del riuso identificate sono:

i) sociale-etica;

ii) espressione formale;

iii) **ambientale**;

iv) **culturale**.

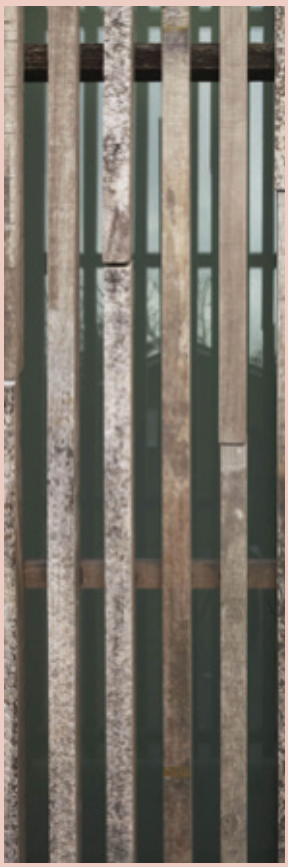
Texel è l'isola di maggior dimensione dell'arcipelago olandese, sin dal Seicento strettamente legata alla storia della Compagnia delle Indie. Principale porto da cui partivano le flotte dirette in estremo Oriente e nel Mar Baltico, essa ospitava le imbarcazioni durante lo stazionamento dovuto all'attesa del vento favorevole, durante il quale le navi venivano riparate e preparate per il viaggio, affollando la costa e il porto locale – come riportano le molte opere pittoriche dell'epoca che ritraggono la rada di Texel. La collezione di reperti ospitata dal Maritime and Beachcombers Museum intende illustrare ai molti visitatori che ogni anno raggiungono il paese di Oudeschild l'importante ruolo che quest'isola ha ricoperto nel passato marittimo dei Paesi Bassi, anche ripercorrendo il legame dei suoi abitanti con il mare. Questo rappporto è caratterizzato da una lunga tradizione di ingegnosità nel recupero dei materiali e degli elementi spiaggiati poiché, nei secoli passati, la popolazione del luogo ha tradizionalmente fatto uso del legname che arrivava sulle coste a seguito di naufragi o dell'abbandono di imbarcazioni per costruire le abitazioni e i fienili.

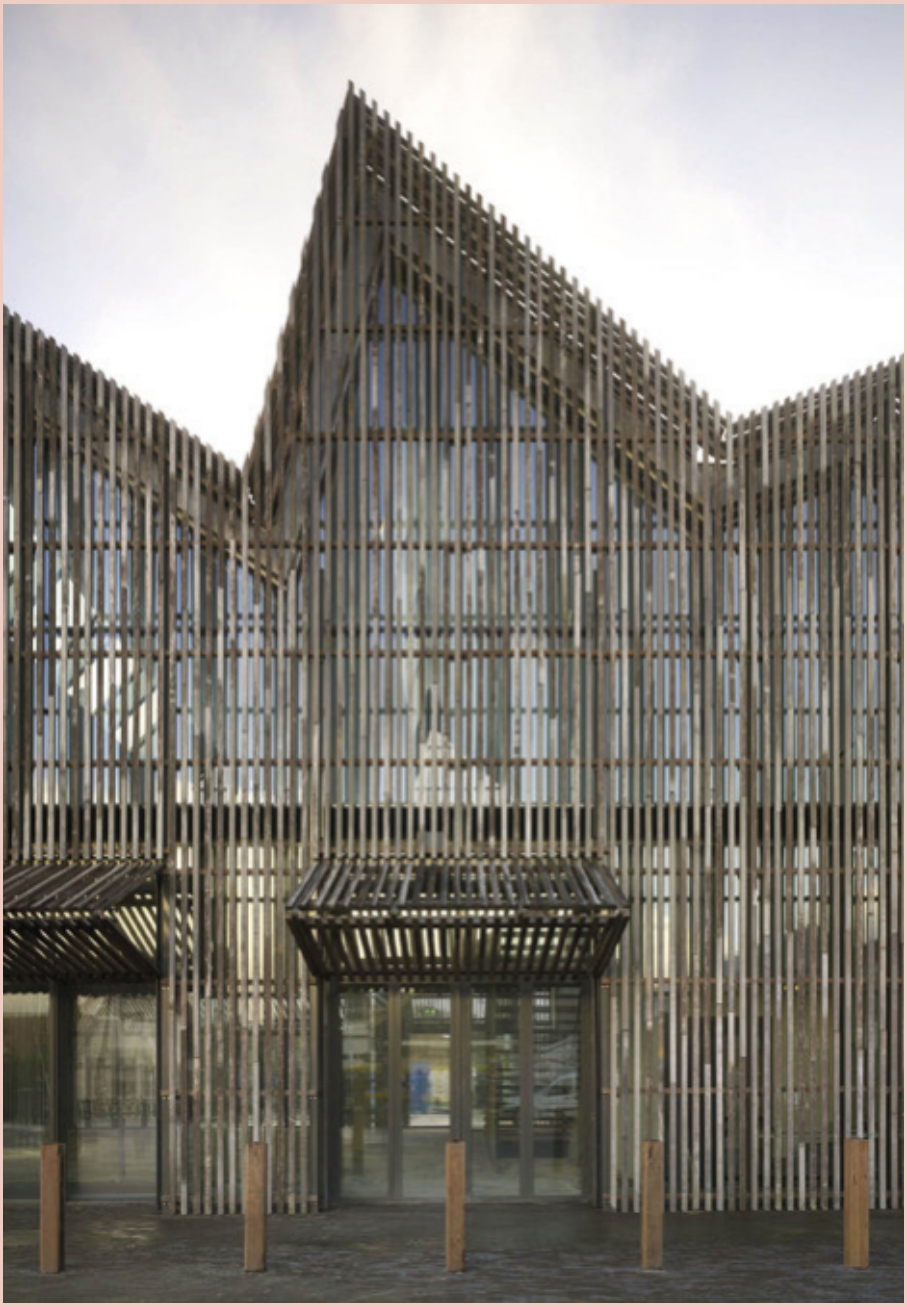
L'allestimento del museo, sviluppato su tre livelli, ospita al piano interrato una sezione espositiva che illustra, attraverso un modello, una riproduzione di come dovesse apparire la costa di Texel nell'epoca di maggior intensità commerciale. Al piano primo, invece, sopra il livello ove trovano collocazione ingresso e caffetteria, sono esposti i reperti recuperati sul fondo marino all'interno di teche mobili di vetro e metallo. Il volume di questo spazio superiore è disegnato dalle otto falde spioventi di copertura che, giocando a mimare il profilo degli edifici adiacenti e l'infrangersi delle onde marine sul molo, scandiscono la facciata dell'edificio. Alla dinamicità dettata dalla diversa inclinazione delle falde si aggiunge quella del rivestimento dei prospetti, nei quali sottili listelli di legno permeano la luce che attraversa le ampie superfici vetrate. Questi elementi intendono celebrare, reinterpretandola, la tradizione secolare degli abitanti di Texel relativa al recupero e al riutilizzo del legname spiaggiato. Come i reperti ospitati al piano superiore, anch'essi rivelano un passato legato al mare: i progettisti hanno infatti desiderato che tali elementi fossero ricavati dal legno massiccio di palancole recuperate nel canale del North Holland, per far ritrovare loro una nuova vita nella facciata dell'edificio.

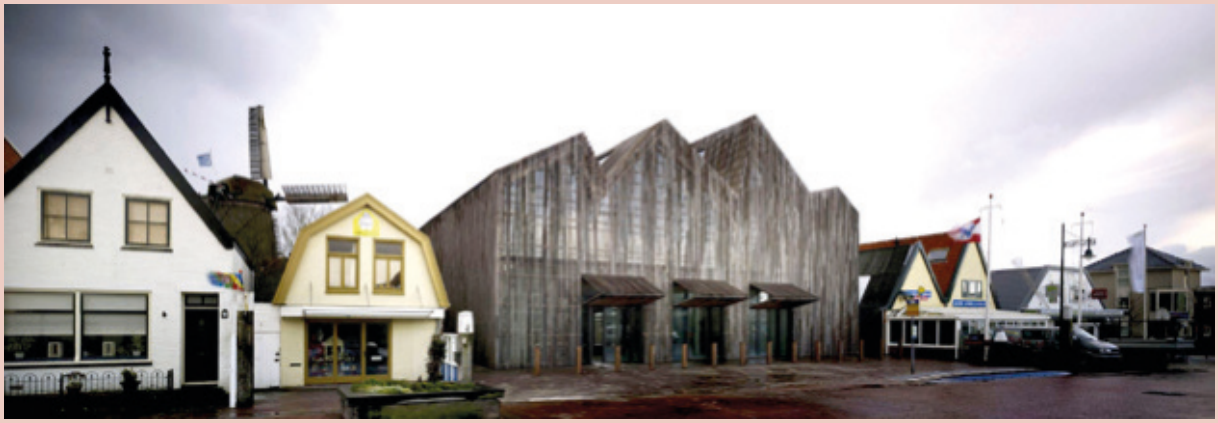
elementi di riuso:
palancole di legno

Houben F., 2015. People, place purpose: Mecanoo architecten. London: Artifice; "Kaap Skil, Maritime and Beachcombers Museum" <https://www.theplan.it/architettura/kaap-skil-maritime-and-beachcombers-museum>; Richters C., 2013. "Mecanoo: Kaap Skil" 03 Oct 2013. Domus web. Accessed on 03 Nov 2020. < https://www.domusweb.it/it/architettura/2013/10/03/mecanoo_kaap_skil.html>; <https://www.mecanoo.nl/Projects/project/51/Kaap-Skil-Maritime-and-Beachcombers-Museum>. Immagini: Mecanoo / Thijs Wolzak / Christian Richters









«Designing the façade with community has ensured that the building is sympathetic but also enriches the area». (LYN Atelier)

[18] Hub 67

LYN Atelier, 2014, London [GB]

La funzione del fabbricato e l'attento processo di selezione degli elementi di reimpiego, derivante dalla *legacy* di Londra 2012, nonché la progettazione avvenuta a stretto contatto con la comunità, evidenziano due motivazioni per il reimpiego:

i) **sociale-etica;**

ii) espressione formale;

iii) **ambientale**;

iv) culturale.

I Giochi olimpici e paraolimpici di Londra 2012 rappresentano un esempio innovativo di pianificazione e conduzione di un evento di tale portata allo scopo di perseguire la sostenibilità in modo trasversale. Dal punto di vista ambientale, questo approccio ha determinato una notevole attenzione sia a livello di approvvigionamento e filiera che in tema di modelli di produzione e consumo. Ciò si è tradotto, in termini architettonici, nella progettazione di edifici, spazi e infrastrutture secondo un obbiettivo di contenimento degli impatti ambientali, nella duplice prospettiva di gestione efficiente delle risorse e riduzione dell'impronta di carbonio. A tal fine la fase progettuale ha preso in considerazione l'eredità [*legacy*] che la manifestazione avrebbe lasciato in termini infrastrutturali all'ex-area industriale di Stratford, prefigurandone la futura rigenerazione. Le demolizioni pre-olimpiche, antecedenti alla realizzazione delle imponenti opere edilizie, sono state mirate alla minimizzazione dei rifiuti da C&D con l'utilizzo di audit pre-demolizione volti al recupero e riciclo in situ dei materiali e, ove possibile, al reimpiego dei componenti. I regolamenti per le nuove costruzioni richiedevano inoltre che i progettisti adottassero strategie di prefabbricazione, DfD, ottimizzazione nell'uso dei materiali e flessibilità.

elementi di riuso:
telaio in profilati di acciaio,
porzioni di recinzione metallica,
pavimentazione in linoleum,
pannelli di legno e compensato,
arredi e finiture in legno

Due anni dopo la conclusione dei Giochi, a seguito della richiesta di uno spazio polivalente per i residenti da parte della comunità di Hackney Wick, l'ente in carico della *legacy* di Londra 2012 finanzia la costruzione di un centro di comunità. La struttura, nata come temporanea per un uso dai tre ai cinque anni, è ancor oggi utilizzata e gestita da un'associazione locale. Nella fase di ideazione dell'edificio, i progettisti hanno seguito un processo partecipativo basato sul coinvolgimento dei futuri fruitori. Il fabbricato, di dimensioni contenute, è un volume composto dall'accostamento di uno spazio a un livello e di uno a doppia altezza. In quanto "eredità" dei Giochi olimpici, l'Hub 67 è realizzato con l'80% di materiali e componenti derivanti dalla decostruzione delle infrastrutture dell'evento. Ciò ha richiesto un approccio innovativo non soltanto nella progettazione dell'edificio, realizzato a secco, ma anche nella gestione della documentazione necessaria ai permessi per gli appalti e in base ai regolamenti costruttivi. Dal punto di vista delle certificazioni, l'impresa di costruzione è stata tenuta a produrre quelle relative agli aspetti prestazionali dell'intera struttura. Nella maggior parte dei casi, infatti, non vi era alcuna informazione circa le caratteristiche tecniche degli elementi recuperati, per cui l'idoneità degli stessi allo scopo è stata asseverata dal costruttore sulla base dell'esperienza. Trattandosi di una struttura temporanea, non era richiesto che l'edificio rispondesse a tutti requisiti necessari per una costruzione urbana convenzionale, riducendo la quantità di asseverazioni necessarie. Ciò nonostante, i progettisti, prevedendo un uso dell'Hub più esteso nel tempo, hanno provveduto a soddisfare i requisiti di isolamento termico e tenuta all'aria dell'involucro esterno propri delle costruzioni ordinarie. La selezione degli elementi di reimpiego è stata fatta dal team di progetto attraverso una serie di sopralluoghi condotti nelle aree di stoccaggio dell'ente preposto alla gestione dei materiali edilizi recuperati dai Giochi. Tra di questi figura la struttura modulare, recuperata da quella di nove spogliatoi, costituita da un telaio di acciaio rivestito da pannelli di compensato al quale sono in seguito stati aggiunti lo strato di coibentazione e un secondo telaio in acciaio di rinforzo. Il rivestimento di facciata è realizzato utilizzando sezioni di recinzione dei siti olimpici, sulle quali sono fissati dei piccoli fogli colorati di alluminio riciclato. Gli interni presentano una pavimentazione in fogli di linoleum di reimpiego posata su pannelli di compensato, porte e serramenti di riuso, arredi e finiture in legno recuperati e riadattati.

Altamura P., 2015. Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali in edilizia, 133-157. Milano: Francoangeli; Baker Brown D., 2017. The Re-use atlas. A designer's guide towards circular economy, 71-74. London: Riba publishing; "Community Centre in London". *Detail* 2016 (3), 236-239; "HUB 67 / LYN Atelier" 30 Jun 2015. ArchDaily. Accessed 20 Oct 2020. <https://www.archdaily.com/769290/hub-67-lyn-atelier> ISSN 0719-8884; <https://www.lynatelier.com/hub67-1>. Immagini: LYN Atelier / Jill Tate.




Hub67
FRONTSIDE


Hub67



«On va dire que c'est un aller-retour [...] mais il y a toujours une forme d'ajustement. C'est vraiment de la conception par réaction». (Julien Choppin)

[19] Pavillon Circulaire

Encore Heureux, 2015, Paris [FR]

Scopo dei progettisti era quello di realizzare una struttura che costituisse un manifesto dei molteplici benefici dettati dalla circolarità in architettura. Tali circostanze pongono in evidenza ragioni di tipo:

i) **sociale-etico;**

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

iv) **culturale**.

L'intervento dello studio di architettura parigino si inserisce all'interno del filone di ricerca teorica e progettuale sul quale si fonda l'attività di Encore Heureux. Commissionato dal Pavillon de l'Arsenal, l'opera nasce sulla scia di *Matière Grise*, esposizione curata dai progettisti l'anno precedente, la quale rifletteva sul tema del reimpiego in architettura come strumento in grado di modificare i modelli propri di un'economia basata sul crescente consumo di risorse materiali, nonché causa della conseguente produzione di rifiuti.

L'occasione per realizzare il Pavillon Circulaire è stata fornita dalla COP21, tenutasi a Parigi nel dicembre 2015 e finalizzata a sancire l'impegno delle Nazioni partecipanti nel contenere l'innalzamento della temperatura globale sotto i 2°C rispetto all'era preindustriale. Obbiettivo dell'installazione era quello di mettere in pratica un approccio volto al riuso di prodotti e componenti architettonici manifestandolo apertamente nelle caratteristiche formali della struttura stessa, allo scopo di attirare l'attenzione sulle responsabilità del settore edilizio in termini di impatto climatico. Al tempo stesso, la realizzazione avrebbe consentito di fornire una struttura temporanea che potesse ospitare per alcuni mesi una caffetteria, esposizioni, dibattiti e incontri.

Nel corso della progettazione del padiglione, il *team* di progetto ha monitorato i flussi di materiali derivanti da demolizioni o ristrutturazioni che in quel momento avevano luogo in area urbana, adattando di volta in volta il *design* della struttura secondo un processo dall'andamento ciclico e modificando le decisioni progettuali in base alle risorse a disposizione. La denominazione del padiglione non rispecchia il suo aspetto formale, bensì il fatto di derivare direttamente da un'economia materiale circolare nella quale gli scarti di qualcuno divengono risorse di terzi. Il rivestimento delle facciate manifesta gli esiti di questo principio, suggerendo l'improvvisazione necessaria per integrare nella costruzione gli elementi recuperati dal contesto. Costituito da 180 porte in legno di quercia ottenute dalla ristrutturazione di un palazzo di edilizia residenziale degli anni Trenta, esso determina il profilo della costruzione, caratterizzato da una copertura a dieci falde e derivante dalla composizione in diagonale delle porte sui fronti principali. Il rivestimento è fissato su una struttura a telaio di legno, materiale avanzato dai lavori di costruzione di una casa di riposo, ancorata alla base a degli elementi di acciaio. L'isolamento, interposto tra i montanti e i traversi del telaio, è in pannelli di lana di roccia, recuperati dai lavori di riqualificazione di un supermercato prima che fossero destinati allo smaltimento. I pannelli di rivestimento interno per le pareti e il piano di calpestio provengono dallo smontaggio di un allestimento espositivo, mentre le tavole di legno della piattaforma esterna sono state donate dall'organizzazione Paris Plage. Le sedute sono recuperate dalla raccolta municipale per gli ingombranti, i corpi illuminanti ottenuti dal deposito dell'ente parigino per l'illuminazione pubblica. Tutta la struttura è stata realizzata a secco, così da favorirne lo smontaggio al termine delle attività previste.

elementi di riuso:
struttura a telaio di legno,
porte di legno,
pannelli di isolamento in lana di roccia,
pannelli di rivestimento a base di legno,
tavolato di legno
arredo e corpi illuminanti

Downing E., 2016. Circular Economy. *Mark* 61, 39-40; Schuler T.A., 2016. The Reclaimed Circular Pavilion. 25 Oct 2016 Architect Magazine. Accessed 03 Nov 2020. <https://www.architectmagazine.com/technology/detail/the-reclaimed-circular-pavilion_o>; Gangloff M., Soubise J, 2015. "Interview with Julien Choppin, Encore Heureux, Paris". 13 Nov 2015. Learning from Europa. Accessed 02 Nov 2020. <http://learningfromeuropa.fr/encore-heureux/>; <https://www.pavillon-arsenal.com/fr/paris-dactualites/10362-pavillon-circulaire.html>; <http://encoreheureux.org/projets/pavillon-circulaire/?lang=en>. Immagini: Encore Heureux / Pavillon de l'Arsenal / Cyrus Cornut









«This new façade will be both a practical and philosophical statement about the re-use of these traditional constructions elements». (Samyn & Partners)

L'iconica facciata realizzata con i serramenti di reimpiego risponde a più propositi degli architetti: la volontà di realizzare un edificio emblematico, quella di sensibilizzare sull'esito delle politiche energetiche comunitarie e quella di riunire elementi simbolicamente provenienti da tutta Europa. Il riuso muove dunque da diverse ragioni:

i) sociale-etica;

ii) **espressione formale**;

iii) **ambientale**;

iv) **culturale**.

[20] Sede del Consiglio Europeo e del Consiglio dell'Unione Europea

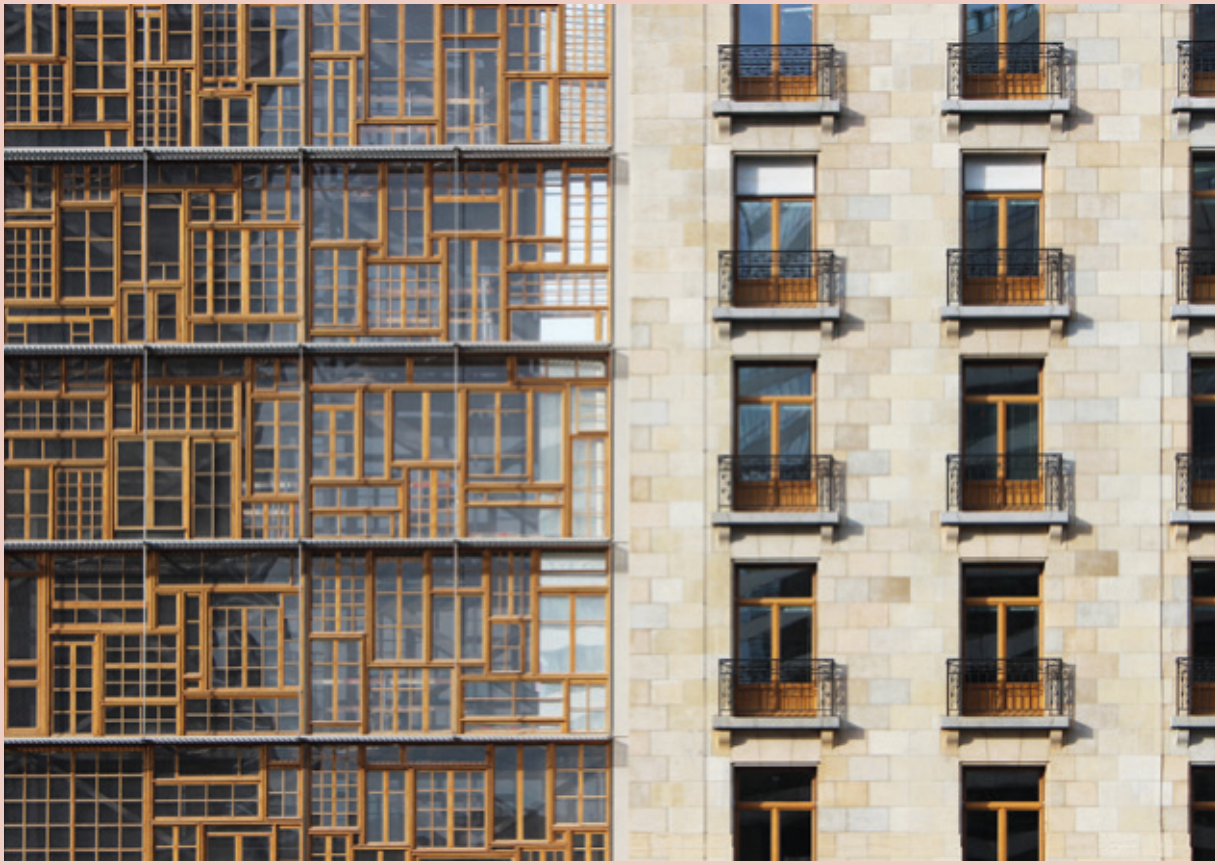
Samyn & Partners + Studio Valle, 2015, Bruxelles [BE]

A seguito dell'aumento di Stati Membri dell'Unione avvenuto nel 2004, il Consiglio Europeo accetta la proposta dello Stato belga relativa alla cessione di un blocco del complesso Residence Palace per fare di questo la futura sede del Consiglio stesso e del Consiglio dell'UE.
Viene dunque indetto un concorso di architettura che vede vincitore il *team* di progetto composto da Samyn & Partners e Studio Valle, coadiuvato da Buro Happold per le strutture. L'edificio, un palazzo residenziale di lusso costruito negli anni Venti e soggetto ad ampliamenti e importanti ristrutturazioni negli anni Sessanta e Ottanta, è oggetto di vincolo per le facciate e gli ambienti interni di rappresentanza. Il progetto propone un'estensione del complesso, di modo da chiuderne la pianta ad "L" realizzando un grande volume trasparente della stessa altezza dell'edificio preesistente. All'interno di esso i progettisti collocano una lanterna costituita da livelli ellittici sovrapposti che contengono tutti gli spazi necessari alle funzioni richieste dal bando. Questo elemento, all'apparenza "sferico", è realizzato con una struttura in acciaio e chiusa da pannelli in vetro stratificato che permettono la vista all'interno del grande atrio vetrato.
Le due nuove chiusure ideate dai progettisti sono costituite da una doppia pelle vetrata, che genera una intercapedine di circa 2,70m per tutta l'altezza della facciata. Elemento di rilievo di questa soluzione costruttiva è il diverso trattamento dei due layer trasparenti, sorretti da telai verticali di acciaio connessi tra loro. Se, infatti, quella interna è una convenzionale vetrata continua agganciata alla struttura modulare, il cui passo appare scandito dai controventi, quella esterna è costituita da circa 3000 serramenti in legno di recupero e il telaio di profilati su cui è fissata presenta una sezione inferiore (140 mm rispetto a 300 mm), risultando in tal modo meno visibile. Questo sistema permette che, dall'esterno, la pelle dell'edificio, seppur rivelando in trasparenza i retrostanti diagonali in acciaio, appaia come una cortina disegnata da un mosaico di serramenti differenti in dimensione e forma, composti in modo eterogeneo all'interno di fasce orizzontali di altezza costante. Gli infissi a vetro singolo recuperati presentano un telaio in legno di quercia, permettendo – uniti alla vetrata retrostante – di fornire adeguato isolamento acustico e termico alla grande sala. La provenienza geografica di questi serramenti comprende tutti gli Stati Membri dell'Unione, rappresentando la volontà di dar voce alla diversità culturale dell'Europa riunendo nel medesimo fronte degli elementi distintivi delle singole tradizioni costruttive. Oltre a costituire una dichiarazione politica e culturale, il reimpiego di questi infissi intende dare dimostrazione del fatto che gli elementi architettonici in buono stato, se recuperati, possono contribuire alla implementazione di modelli sostenibili in termini ambientali, soprattutto nel caso dei serramenti smaltiti ogni anno per ottemperare proprio alle normative europee relative alle prestazioni degli involucri edilizi. In questo senso, le nuove facciate vetrate incarnarno l'impegno dell'Unione per una sostenibilità trasversale a più ambiti.

elementi di riuso:
serramenti in legno

"EU Council Headquarters in Brussels". *Detail* 6/2015, 588-592; Margareta E., 2015. EU-Ratssitz in Brussel = EU Council Headquarters in Brussels: Samyn + Partners. *Detail* 55 (10), pp. 1012-1016; <https://samynandpartners.com/portfolio/europa-new-headquarters-of-the-council-of-the-european-union/>; <https://www.theplan.it/architettura/european-council-headquarter>. Immagini: Samyn & Partners / Quentin Olbrechts / Thierry Henrard







8.4. Conclusioni. Il valore di risorsa negli elementi edilizi del passato

Le indagini esposte in questo capitolo confermano le molteplici accezioni acquisite dai processi di riuso. Se l'esame condotto in merito alla capacità di queste strategie di produrre benefici in più sfere della sostenibilità ne ha indicato la natura trasversale, lo studio compiuto al fine di approfondire quale fosse la visione propria dei professionisti del settore conferma la pluralità delle valenze che vi sono attribuite. Obbiettivo prefissato era chiarire quale fosse il valore conferito al reimpiego da parte dei progettisti che fanno uso di questa pratica, al fine di verificare se essi vi individuino ancor oggi un significato culturale, come avviene riguardando agli esempi del passato, più o meno prossimo. Per raggiungere questo esito sono stati impiegati due metodi differenti. Il primo di essi è costituito dall'analisi critica di venti casi studio contemporanei, approfonditi in merito agli aspetti relativi al riuso e vagliati attraverso quattro parametri derivati dalla letteratura. Il secondo metodo coinvolge invece in modo diretto i *practitioner*, attraverso delle interviste volte da un lato per contestualizzare la loro attività nel mercato in cui operano e, dall'altro, per identificare il valore che essi conferiscono alle strategie di reimpiego.

Il primo metodo ha condotto alla schedatura di architetture contemporanee realizzate, principalmente in area europea, negli ultimi vent'anni e che fanno uso di elementi di reimpiego. Si tratta della sola caratteristica in comune a questi edifici, i quali si differenziano per dimensione, funzione, provenienza dei prodotti e componenti riutilizzati (che possono afferire al settore edilizio o meno), committenza e budget a disposizione. L'esame ha permesso di constatare come, nella quasi totalità dei casi, le ragioni che muovono i progettisti ad adottare strategie di riuso di elementi sono al contempo ben più di una e di natura diversa, da quella di matrice ambientale alle potenzialità espressive, da un motivo di tipo etico-sociale all'identificazione di un valore culturale.

Il secondo metodo ha permesso di analizzare il medesimo tema con maggiore dettaglio, grazie alle informazioni fornite da tre diversi attori del settore del reimpiego europeo. La costruzione di una cornice complessiva è stata possibile anche alle prospettive diverse sul tema da essi espresse: quella della società di decostruzione, quella dei consulenti per il riuso di elementi edilizi e quella dei progettisti. Le interviste condotte consentono di formulare un quadro più completo del settore del riuso in ambito europeo, nonché di appurare come alle motivazioni di tipo ambientale, o di riduzione dell'impronta materiale, che caratterizzano questo approccio si associno spesso anche considerazioni legate alla cultura materiale e al tema della preservazione.

Gli esiti dell'indagine permettono quindi di confermare il carattere di permanenza delle molteplici ragioni alla base dei processi di riuso che, sin dall'antichità e con sfumature differenti, animano i progettisti che ne fanno impiego. A questi si affianca, nella contemporaneità, l'individuazione nell'elemento di un valore di risorsa dalla valenza culturale.

8.5. Bibliografia di capitolo

Commissione Europea, 2014. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni "Verso un approccio integrato al patrimonio culturale per l'Europa". COM (2014) 477

Esch A., 1998. Reimpiego. In: Enciclopedia dell'arte medievale, IX, pp. 876-883. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana

Ghyoot M., Devlieger L., Billiet L., Warnier A., 2018. Déconstruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

Gorgolewski M., 2018. Resource Salvation: The Architecture of Reuse. Hoboken (USA): Johns Wiley & Sons

Ldt.

Manelius A-M., Nielsen S., 2017. Rebeauty: Nordic Built Component Reuse. Copenhagen: Vandkunsten Architects. Available at: https://vandkunsten.com/content//2019/01/NBCR-20170201-web.pdf [09.2020]

Manelius A-M., Nielsen S., Kauschen J.S., 2019. Rebeauty – Artistic Strategies for Repurposing Material Components. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 225, SBE19 Brussels BAMB-CIRCPATH Proceedings, IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012023

Monsù Scolaro A., 2017. Progettare con l'esistente: riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare. Milano: Franco Angeli

Reike D., Vermeulen W.J.V., Witijes S., 2018. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. In: Resources, Conservation & Recycling 135, pp. 246–264. doi: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027

Sala E., 2010. L'intervista. In: De Lillo A. (ed.), Il mondo della ricerca qualitativa, pp. 77-104. Torino: UTET Università.

Sargent Wood L., 2012. A More Perfect Union: Holistic Worldviews and the Transformation of American Culture after World War II. Oxford: OUP

Stahel W., 2013. Policy for material efficiency – sustainable taxation as a departure from the throwaway society, Philosophical Transaction of the Royal Society, A 371: 20110567. Published by the Royal Society. http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2011.0567

Stahel W., 2019. The circular economy: a user's guide. Edited by The Ellen MacArthur Foundation. New York: Routledge

9. Ricadute del quadro normativo sulla pratica del riuso in architettura

Come individuare le barriere normative esistenti che costringono le pratiche di reimpiego a una dimensione di nicchia e sistematizzarle al fine di suggerire degli interventi che contribuiscano a ridimensionare questi ostacoli?

9.1. Premessa e procedimento di indagine adottato

Allo scopo di promuovere la diffusione dei processi di riuso di elementi nel settore edilizio è necessario individuare i principali ostacoli che tali processi incontrano, per poter così proporre alcuni suggerimenti volti al perfezionamento del quadro generale nel quale essi operano. Come illustrato nella trattazione condotta al paragrafo 3.3, la normativa europea per le costruzioni non prende esplicitamente in considerazione l'utilizzo di elementi di riuso, i quali costituiscono un "caso particolare" collocato nell'intersezione tra sfere soggette a riferimenti legislativi differenti. Ciò comporta che i professionisti propensi ad adottare questo approccio si trovino a dover concertare di volta in volta con le amministrazioni locali le circostanze in base alle quali poter riutilizzare un prodotto o componente[1]. Se tale situazione è naturalmente vincolata alle prescrizioni nazionali, la costituzione di un quadro normativo sovranazionale che contempli il caso del reimpiego di elementi rappresenterebbe un passo significativo verso l'implementazione di questi processi, dettando delle ricadute anche a livello locale.
Per raggiungere l'OS (iii) va approfondito come la cornice determinata dalle direttive e dai regolamenti europei cui i componenti edilizi di recupero sono correntemente soggetti influisca sulle opportunità del loro reimpiego. Questa indagine viene condotta in due fasi differenti. In primo luogo sono indagate le criticità che si riscontrano esaminando, nella prospettiva del riuso, il contesto introdotto nel paragrafo 3.3, inerente a due principali sfere prescrittive: la Direttiva quadro sui rifiuti (2008/98/CE ss.mm.ii.) e il Regolamento per i Prodotti da Costruzione (305/2011/UE). Questa analisi critica, compiuta alla luce del più generale quadro degli indirizzi europei per l'ambito edilizio, è finalizzata rilevare le lacune e incongruenze che ostacolano il reimpiego degli elementi di recupero. La fase successiva approfondisce come le difficoltà operative indotte dalla cornice normativa influiscano sugli aspetti propri del settore e del mercato. Si intende fornire un quadro sistematizzato degli ostacoli esistenti per le strategie di riuso in architettura, evidenziando in particolar modo il ruolo delle ricadute di norme e regolamenti correnti nell'aggravio delle problematiche esistenti della

1 - Come illustrato al paragrafo 5.2.2, nel caso della ristrutturazione della sede di Zinneke su progetto di Rotor, e dalla esperienza di LYN Atelier per la progettazione e costruzione di Hub 67, raccontata nel caso studio [18].

filiera. Questa indagine viene condotta attraverso una sistematizzazione dei fattori analizzati nel paragrafo 9.1.2 la quale, unita alla analisi della letteratura, permetterà di costruire un prospetto delle principali barriere all'implementazione del reimpiego di elementi edilizi.

9.2. Limiti del quadro normativo

9.2.1. Elementi recuperati: vecchi prodotti o nuovi rifiuti?

I potenziali contributi della filiera del reimpiego alla transizione verso la circolarità del settore edilizio sono oggetto di una crescente attenzione da parte degli ambienti istituzionali. Come illustrato nel paragrafo 3.3, la Commissione Europea ha recentemente pubblicato due strumenti volti a promuovere maggior efficienza nella gestione dei rifiuti derivanti dal settore edilizio, il "Protocollo EU di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione" (2016) e le "Linee guida per i *waste audit* precedenti ai lavori di demolizione e ristrutturazione degli edifici" (2018). Tali documenti di indirizzo, se implementati in modo diffuso, potrebbero costituire terreno fertile per i processi di *urban mining*. Il primo di essi delinea il flusso di processo preferibile da attuare nella conduzione delle operazioni di demolizione e ristrutturazione, allo scopo di minimizzare gli impatti ambientali degli scarti da esse generati. Il secondo documento fornisce una guida più approfondita per la gestione dei flussi di rifiuti derivanti dalle operazioni edilizie, presentando una metodologia per l'audit pre-demolizione e identificando i contenuti da includere nell'inventario dei materiali, tra i quali figura la determinazione dell'esito suggerito per ciascuna frazione di rifiuti[2].

Questi due documenti di indirizzo rappresentano un importante passo in avanti verso le prospettive di decostruzione orientate alla gestione circolare delle risorse. Tuttavia, essi operano all'interno di una cornice normativa esistente relativa alla gestione dei rifiuti e ai requisiti dei prodotti da costruzione che non dispone del medesimo grado di approfondimento del tema. Se da un lato, infatti, il Protocollo sottolinea l'importanza di incoraggiare la preparazione per il riutilizzo "poiché comporta applicazioni dalle limitate, o nulle, lavorazioni" e, di conseguenza, "offre vantaggi ambientali maggiori del riciclo dato che gli impatti associati alle lavorazioni non si verificano", è segnalato anche che "in pratica, ciò potrebbe non risultare semplice" (Commissione Europea, 2016). Dal medesimo documento emergono due temi critici in merito, tra loro interconnessi: quello del mercato e quello delle certificazioni degli elementi edilizi recuperati. Infatti, al fine di incentivare alti tassi di reimpiego nel territorio comunitario – obbiettivo essenziale per la circolarità del settore – è necessario estendere e promuovere il mercato di questa filiera. Tuttavia, ciò richiede la creazione di una sufficiente domanda, parametro a sua volta vincolato dal fatto che ci sia modo di garantire qualità e prestazioni degli elementi di recupero. Quest'ultima operazione, della quale "è solitamente responsabile l'impresario" (Commissione Europea, 2016), è soggetta ai metodi di valutazione definiti dagli standard armonizzati europei (*harmonised European Norms, hENs*) o alla redazione di un EAD (*European Assessment Document*), poiché il Regolamento per i Prodotti da Costruzione si applica tanto ai nuovi materiali e componenti quanto a quelli derivanti dalle

2 - Si intendono i processi individuati dalla Direttiva 2008/98/CE ss.mm.ii. nella Gerarchia dei Rifiuti, ovvero, in ordine di maggior convenienza ambientale: preparazione per il riutilizzo, riciclaggio, recupero (di materia o di energia), smaltimento. Trattandosi, in questo contesto, di *rifiuti*, non si citano i processi finalizzati alla prevenzione poiché questi si applicano ai *prodotti*.

attività di costruzione e demolizione.
Nell'ipotetico percorso compiuto da un elemento edilizio di recupero – dal cantiere di provenienza alla nuova posa in opera – la prima sfera di competenza legislativa cui esso è soggetto è quella inerente alla gestione dei rifiuti, normata dalla Direttiva quadro sul tema (Parlamento Europeo, 2008; 2018). Come discusso nel paragrafo 3.3.2, i processi di riutilizzo possono essere considerati parte sia delle strategie di *prevenzione* dei rifiuti che di quelle di gestione o, più precisamente, di *recupero* degli stessi. Il primo caso si verifica nel momento in cui l'elemento edilizio proveniente da una decostruzione vede il prolungamento della vita utile, rimanendo di proprietà di un detentore, e mantiene la medesima funzione nell'impiego successivo, circostanze che ne impediscono la classificazione come rifiuto. Il secondo caso prevede invece che l'elemento, divenuto rifiuto, possa essere impiegato per un nuovo uso solo a seguito di una serie di operazioni di controllo, pulizia e riparazione. Dal quadro indagato, mancante di ulteriori specifiche, emerge una situazione di incertezza per lo status dei componenti recuperati, il cui restare prodotto o divenire rifiuto è basato su tre fattori: la proprietà del bene (i), il fatto che il riuso avvenga con o senza attività di *remanufacturing* (ii) e la conservazione, da parte dell'elemento, della medesima funzione (iii). L'introduzione della definizione corrente di rifiuto da parte della Direttiva 2008/98/CE, ovvero "qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi" (Parlamento Europeo, 2008), non compie infatti alcun riferimento al fatto che il prodotto che diviene rifiuto possieda o meno ancora l'idoneità prestazionale per svolgere la funzione prevista. Ciò determina, paradossalmente, che acquisisca lo status di rifiuto anche un elemento in buono stato di conservazione, con una prestazione residua sufficiente per la funzione da svolgere e un valore economico, ma del quale il possessore si disfi.
Esaminando singolarmente in prospettiva giuridica ciascuno dei tre fattori presi in considerazione, è possibile determinare quali siano i differenti scenari che si producono in termini di gestione degli elementi recuperati a seguito di una decostruzione. Il caso della proprietà (i) non costituisce un reale ostacolo all'implementazione tecnica del reimpiego dell'elemento in quanto prodotto, poiché quest'ultimo può essere effettuato allo stesso modo da un qualsiasi detentore, sia il proprietario originario dell'immobile del quale l'elemento era parte, l'impresa in carico della demolizione o un attore terzo che si occupi di recupero e rivendita di componenti edilizi. Gli ultimi due casi presuppongono tuttavia una cessione del bene, onerosa o gratuita, da parte del primo proprietario al successivo (Invitalia e CMB, 2019), così da mantenere l'elemento nella sfera (giuridica) dei prodotti. Emerge quindi l'importanza di condurre adeguate operazioni di strip-out e decostruzione, consentendo il recupero degli elementi quanto più possibile in buone condizioni e massimizzando così non solo le opportunità del loro reimpiego ma anche la conservazione del loro valore economico. Il fattore relativo al grado di *remanufacturing* (ii), pur essendo ininfluente dal punto di vista concreto del reimpiego (diretto o indiretto, con minori o maggiori lavorazioni), comporta una difficile interpretazione dal punto di vista giuridico. Si può infatti considerare che qualsiasi operazione di "controllo, pulizia e riparazione" finalizzata al reimpiego e condotta su elementi edilizi indichi una "preparazione per il riutilizzo". Questo determinerebbe il loro status di "prodotti o componenti

di prodotti *diventati rifiuti*"[3] (Parlamento Europeo, 2008), una lettura che negherebbe apparentemente l'esistenza del riuso diretto per gli elementi di recupero, suggerendo che uno di essi andrebbe considerato rifiuto solo perché sottoposto a operazioni di controllo, pulizia or riparazione. Nell'ambito di una decostruzione è infatti indispensabile che sia operata almeno una ispezione di base sugli elementi, al fine di determinarne l'idoneità al reimpiego. Sulla base della lettura compiuta, ciò escluderebbe che essi, da un punto di vista giuridico, rimanessero prodotti. Al contrario, se quel medesimo controllo fosse considerato una operazione sufficiente ai fini dell'*End of Waste*[4], il prodotto, divenuto rifiuto, vedrebbe nuovamente riconosciuto lo status di prodotto. Analoga rilevanza assume la distinzione giuridica relativa alla funzione assunta (iii) dall'elemento poiché, nel caso quella determinata dal reimpiego differisca da quella svolta nella "prima vita" del prodotto o componente, quest'ultimo appare classificabile esclusivamente come rifiuto. Ciò avviene in modo indipendente dalle caratteristiche o funzioni dell'elemento e dalla prestazione residua che dimostra alla fine della sua prima vita utile, escludendo anche opzioni di "utilizzo a cascata" dello stesso all'interno del regime dei prodotti.

L'incertezza che in questo modo si delinea per gli elementi edilizi di recupero in merito alla distinzione tra prodotti e rifiuti si ripercuote sul fatto che, nel secondo caso, prima di un effettivo riutilizzo il rifiuto deve cessare di essere qualificato come tale. Proprio i processi di "controllo, pulizia e riparazione" – in quanto la preparazione per il riutilizzo appartiene alle strategie di *recupero* – costituiscono il procedimento che determina l'*End of Waste* per il prodotto o componente di riutilizzo. Tuttavia il tema della definizione dei criteri EoW è in Italia[5] correntemente oggetto di un vivo dibattito, data la difficoltà della loro definizione in tempi rapidi da parte ministeriale e i contenziosi emersi con le Regioni[6] per l'individuazione dei cd. criteri "caso per caso" nella certificazione degli impianti di trattamento (Confindustria, 2018). Allo stato attuale la definizione dei criteri relativi ai rifiuti da C&D è ancora in fase di concertazione tra il Ministero e gli *stakeholder*, privando il settore delle costruzioni di riferimenti certi circa le operazioni da compiere per la cessazione della qualifica di rifiuto. L'orientamento prevalente del dibattito nei confronti del recupero dei rifiuti inerti – indubbiamente la componente maggioritaria dei rifiuti da C&D – lascia presagire che non vi saranno a breve linee guida in merito ai processi di reimpiego, diretto o indiretto. Queste tendenze sono avvalorate dal fatto che le attuali linee guida per i controlli (SNPA, 2020) si concentrano sulla certificazione dei processi di recupero attuati negli impianti preposti. Il tema degli elementi edilizi riutilizzabili recuperati in cantiere sarà con ogni probabilità escluso dalle prossime disposizioni in merito, conservando il proprio carattere di "caso particolare" di fronte a un ulteriore vuoto

3 - Si veda la tabella 3.2 al paragrafo 3.3.2.

4 - Se si considera inoltre come il recepimento italiano della Direttiva europea (D. Lgs. 205/2010) includa nella "preparazione per il riutilizzo" le operazioni di "controllo, pulizia, smontaggio e riparazione", appare ancor meno plausibile che un elemento edilizio possa essere soggetto a reimpiego diretto, dato che il suo recupero dalla costruzione in cui si trovava originariamente può essere considerato come uno "smontaggio" (circostanza che dipende anche dalla permanenza dell'elemento in proprietà di una persona fisica o giuridica).

5 - L'implementazione dei criteri EoW, data la difficoltà di definire procedure condivise a livello comunitario, è stata demandata alle singole Autorità nazionali per i prodotti per i quali non è in vigore un riferimento a livello europeo.

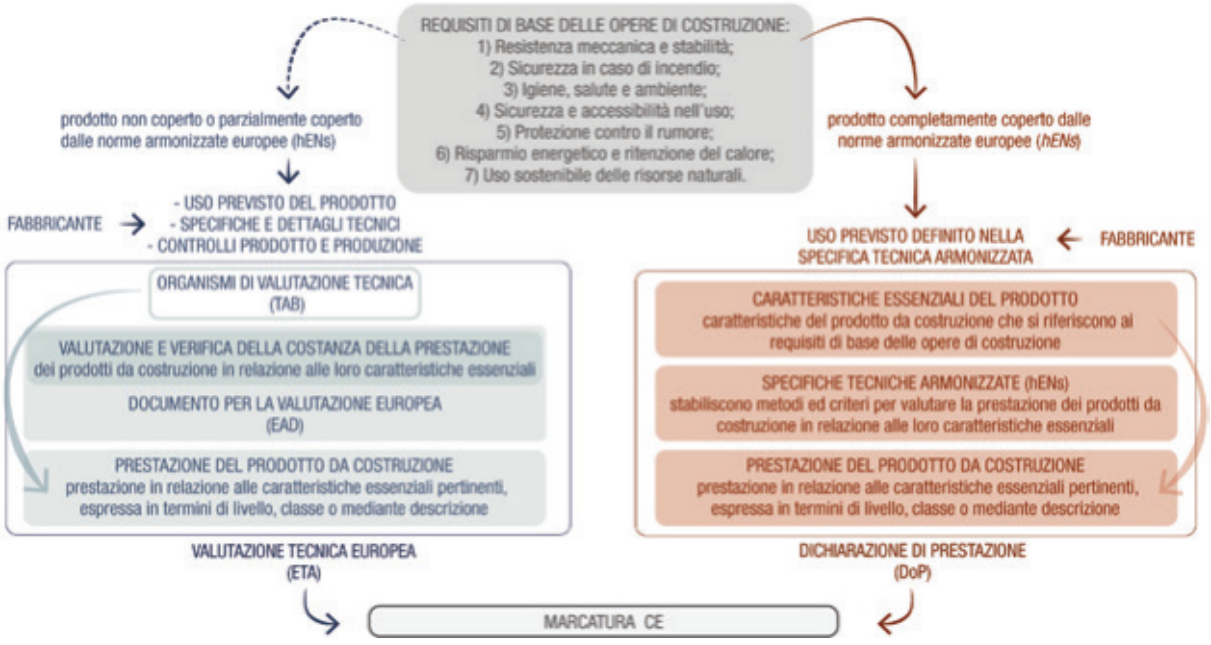
6 - A questi dibattiti ha dato conclusione la L 128/2019 che riconosce come i criteri non vadano disciplinati esclusivamente a livello nazionale, come già disposto dalla Direttiva 2008/98/CE.

normativo fonte di incertezza.
Secondo le ultime modifiche alla Direttiva quadro (Parlamento Europeo, 2018), la cessazione della qualifica di rifiuto avviene con il soddisfacimento dei quattro parametri di seguito riepilogati: a) la sostanza o l'oggetto è destinata/o a essere utilizzata/o per scopi specifici; b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto; c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti; e d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana. Nel caso degli elementi edilizi, considerando che i requisiti (a) e (d) siano sempre soddisfatti, dato che al contrario non ci sarebbero le premesse per voler riutilizzare l'elemento[7], i punti (b) e (c) sollevano nuovamente i dubbi già esplicitati dalle Linee guida per gli audit (Commissione Europea, 2016) in merito a mercato e certificazioni. Queste circostanze sono pertinenti alla seconda sfera normativa cui gli elementi edilizi di recupero sono soggetti una volta esclusi dal regime dei rifiuti (o se sono sempre rimasti prodotti), ovvero il Regolamento per i Prodotti da Costruzione.

9.2.2. Requisiti tecnici dei prodotti di riuso per la loro circolazione

Al fine di poter essere commercializzati, i prodotti e componenti edilizi devono essere sottoposti alle procedure già illustrate nel paragrafo 3.3 e riepilogate dalla figura 9.1.
L'ottemperanza a questo sistema informativo sulle prestazioni del prodotto è finalizzata alla circolazione nell'Area Economica Europea (EEA), all'interno della quale un bene immesso nel mercato deve obbligatoriamente presentare

Fig. 9.1. Percorsi CEN ed EOTA per l'ottenimento del marchio CE



il marchio CE. Le due procedure delineate in figura e indicate all'interno del Regolamento per i Prodotti da Costruzione definiscono esclusivamente il

7 - Ciò vale in particolar modo per quanto riguarda la presenza di materiali nocivi per l'ambiente o la salute umana all'interno del componente recuperato, i quali vanno obbligatoriamente separati alla fonte e destinati ad adeguato trattamento (Commissione Europea, 2016).

"linguaggio" da impiegare per descrivere la prestazione di un prodotto, attraverso l'identificazione del livello e della classe entro i quali la prestazione stessa ricade. Ciò nonostante, queste procedure non si occupano della "qualità" propria della prestazione descritta, poiché non richiedono che essa dimostri un determinato livello. Conseguentemente, il marchio CE non indica che un prodotto sia stato segnalato come sicuro dall'UE o da un altro ente, ma esclusivamente che le sue specifiche tecniche sono espresse per mezzo di un "linguaggio comune". Infatti, dato che il marchio CE si basa sull'assunto che le problematiche di sicurezza siano connesse allo specifico uso del prodotto nella costruzione e non al prodotto in sé, il CPR definisce i requisiti di base del prodotto esclusivamente in merito all'uso dichiarato per lo stesso (Seys e Rotor, 2017). Questo sistema di informazioni preserva la facoltà degli Stati Membri di normare le prestazioni e i requisiti per la sicurezza dei prodotti da costruzione secondo le specifiche esigenze nazionali. In breve, i contenuti del "linguaggio comune" europeo sono regolati a livello nazionale. Naturalmente, con o senza marchio CE, qualsiasi prodotto da costruzione commercializzato all'interno di uno Stato Membro può essere messo in opera solamente previo soddisfacimento dei relativi standard richiesti in termini prestazionali e di sicurezza.

Esaminando il CPR nella prospettiva del reimpiego, appare evidente che le disposizioni del Regolamento alimentano, dal punto di vista giuridico, le incertezze relative al possibile inserimento degli elementi di riuso nel mercato.

Nel caso i prodotti o componenti recuperati siano di produzione recente e rientrino nelle categorie interamente coperte da norma armonizzata la loro circolazione nella EEA è possibile, fatta naturalmente salva la loro integrità prestazionale. Ciò è attuabile perché le certificazioni che gli elementi possedevano all'atto della fabbricazione, unite al marchio CE, restano valide nel tempo. Tuttavia, dato che il marchio CE è relativo all'uso specifico dei prodotti nelle opere di costruzione, gli elementi edilizi di "seconda mano" sono legati alla funzione rivestita in precedenza. Considerando questo fatto alla luce dei vincoli al riutilizzo diretto imposto dalla 2008/98/CE, viene così doppiamente escluso un reimpiego con finalità diverse da quelle che il componente possedeva originariamente. Queste circostanze incrementano la complessità del riuso di elementi edilizi nella forma di *superuse*, del quale possono essere esempio i diversi prototipi realizzati da Vandkunsten Architects nel progetto di ricerca *Nordic Built Component Reuse*, illustrati nel paragrafo 5.3.1. Al contrario, come esplicitato nell'intervista al paragrafo 8.3.1, gli operatori di Rotor DC non incorrono in tali problematiche poiché si occupano quasi esclusivamente del reimpiego di elementi per i quali viene mantenuta la funzione originaria.

Se, al contrario, i componenti sono recuperati da edifici di meno recente realizzazione, difficilmente disporranno delle informazioni tecniche necessarie ad assicurare le caratteristiche prestazionali richieste per il loro riutilizzo. In questi casi è dunque necessario sottoporre gli elementi recuperati alle valutazioni e alle prove necessarie, al fine di verificare che le loro caratteristiche soddisfino i requisiti di base delle opere di costruzione definiti nel CPR[8] in base ai parametri fissati dalla normativa di riferimento. In questo contesto rientrano naturalmente le operazioni di reimpiego di elementi strutturali, che necessitano di asseverazioni necessarie per il loro "secondo uso" in sicurezza, ma non solo. Come illustrato nel

8 - i) resistenza meccanica e stabilità; ii) sicurezza in caso di incendio; iii) igiene, salute e ambiente; iv) sicurezza e accessibilità nell'uso; v) protezione contro il rumore; vi) risparmio energetico e ritenzione del calore; vii) uso sostenibile delle risorse naturali.

paragrafo 5.2.2 in merito alla consulenza di Rotor per il centro culturale Zinneke, se in ambito privato c'è ampio margine per integrare elementi di seconda mano in una costruzione, gli appalti pubblici impongono invece notevoli vincoli e una concertazione con l'Amministrazione locale.
Al netto della realizzazione di queste certificazioni, l'assenza del marchio CE sembra implicare che i prodotti di recupero non possano essere commercializzati. Una approfondita analisi sul tema (Seys e Rotor, 2017)[9], determina tuttavia che è possibile considerare gli elementi di recupero estranei alle prescrizioni del CPR. Si può infatti considerare che i prodotti e componenti di reimpiego non siano coperti dagli standard armonizzati poiché le specifiche tecniche non coprono le condizioni di uso e riuso di un prodotto. Ciò implicherebbe che, come prodotti non armonizzati, essi non siano soggetti né alla redazione di una DoP né all'apposizione del marchio CE. Se, dall'altro lato, il vuoto normativo fosse da intendere come una inclusione implicita degli elementi di reimpiego all'interno di quelli normati dal Regolamento dei Prodotti da Costruzione, sarebbe comunque possibile per un distributore fare richiesta di un EAD, dato che si tratterebbe di un elemento il quale "non rientra o non rientra completamente nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata" (Parlamento Europeo, 2011). Trattandosi di immissione sul mercato, va naturalmente considerato che questo procedimento riguardi prodotti o componenti edilizi per i quali sia possibile avere un approvvigionamento costante e che abbiano come target un mercato certo, precondizioni necessarie per fare fronte ai tempi e costi necessari per la richiesta di un EAD[10]. Tale procedimento appare invece non applicabile nel caso di elementi recuperati in piccoli lotti, oppure una tantum, come è più probabile che avvenga nel caso di demolizioni o ristrutturazioni di dimensioni contenute. In questo caso è possibile sostenere, da un lato, che il mercato dei prodotti e componenti di recupero sia strettamente locale, essendo solitamente connesso all'approvvigionamento disponibile sul territorio e finalizzato a contenere la distanza di trasporto e le attività di *remanufacturing*, così da assicurare vantaggi ambientali ed economici. Da questo punto di vista, il mercato target sarebbe quello interno e, di conseguenza, le certificazioni che consentono il libero movimento di beni tra gli Stati Membri non sarebbero necessarie. Questo permette all'impresa di costruzione o al progettista, architettonico o strutturista in relazione all'elemento di reimpiego, di asseverare che il nuovo utilizzo del prodotto nel nuovo edificio sia conforme ai requisiti e alle disposizioni nazionali per le opere da costruzione[11], a seguito delle analisi, misurazioni e prove eseguite da enti accreditati.

9 - Condotta nell'ambito del progetto BBSM (*Le Bâti Bruxellois Source de nouveau Matériaux*), illustrato al paragrafo 5.3.1.

10 - È il caso dell'esperienza della ditta danese Gamle Mursten, la quale ha sviluppato e brevettato un procedimento per separare e pulire in modo meccanico e automatico i singoli mattoni recuperati da murature realizzate con leganti di tipo cementizio. La validazione di questo metodo da parte di un TAB ha permesso all'azienda di immettere sul mercato europeo i mattoni di riutilizzo. http://www.gamlemursten.eu/ [11.2020].

11 - In Italia, nel caso di elementi di nuova fabbricazione, è "onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere copia della documentazione di marcatura CE e della Dichiarazione di Prestazione" (NTC 2018).

9.3. Conseguenze sul mercato e prospettiva degli operatori del settore

9.3.1. Incertezze generate dall'interrelazione tra le diverse sfere normative

La situazione delineata attraverso l'esame della cornice normativa non solo incrementa le difficoltà cui vanno incontro i progettisti e le imprese nel condurre le procedure necessarie al reimpiego di elementi edilizi, ma comporta anche ulteriori ricadute in ambito di processo, di settore e di mercato. È in particolare quest'ultimo ambito, esaminato nelle due componenti di competitività e certificazioni, a risentire maggiormente delle difficoltà generate dal quadro descritto, le quali si vanno a sommare a quelle esistenti. Non va infatti trascurato che la filiera del reimpiego è per sua stessa natura caratterizzata da alcuni aspetti, primi fra tutti l'elevato costo della manodopera e la natura delle lavorazioni, che la rendono poco competitiva rispetto al ricorso alle tecniche di demolizione e costruttive consolidate. Tali circostanze evidenziano il ruolo dei vuoti e delle incertezze normative nell'incrementare le barriere con le quali i processi di riuso di elementi edilizi si scontrano, a dispetto della circolarità delle costruzioni promossa a livello istituzionale.

La doppia prospettiva dello status giuridico cui sono soggetti i prodotti e componenti edilizi di recupero deriva dall'interpretazione corrente, in ambito normativo, del concetto di rifiuto. Due parametri in particolar modo contribuiscono a generare delle incertezze nel determinare lo status dell'elemento, quelli relativi al grado di *remanufacturing* ammesso per il mantenimento dello stesso all'interno della sfera dei prodotti e quelli relativi alla funzione svolta. In merito al primo fattore, compiendo una interpretazione letterale della norma, appare che sia impossibile effettuare un reimpiego indiretto rimanendo all'interno del regime dei prodotti, poiché si tratta di un processo che necessita delle operazioni "di controllo, pulizia, [smontaggio] e riparazione". In questo senso, tali attività possono consentire una immediata cessazione della qualifica di rifiuto, tuttavia la mancanza di criteri specifici definiti a livello europeo o nazionale e di linee guida in ambito edilizio non permette di chiarire le circostanze in cui ciò sarebbe possibile. Il secondo parametro, quello della funzione, vincola l'elemento edilizio a conservare l'uso previsto – in accordo con quanto determinato dal CPR in merito alle caratteristiche essenziali dei prodotti – e sottintende dunque che, in caso avvenga il contrario, l'elemento sia automaticamente incluso nel regime dei rifiuti. Queste disposizioni[12] pongono un freno all'adozione di strategie innovative e virtuose dal punto di vista ambientale, tanto più che non prendono in considerazione, nel distinguere tra prodotto e rifiuto, le due caratteristiche principali di un elemento edilizio per il quale si prefiguri il riuso: le proprietà tecniche e la prestazione residua. Alla luce degli strumenti volti a massimizzare il recupero delle risorse materiali dai processi di demolizione, come le Linee guida pubblicate dalla Commissione Europea (2018), la mancanza di una chiara distinzione relativa al regime cui sono soggetti gli elementi di reimpiego dimostra di vanificare l'efficacia di strumenti come gli audit pre-demolizione. Nel momento in cui dei prodotti reimpiegabili sono considerati rifiuti è infatti più probabile che vengano inseriti nei flussi di materiale avviati al riciclo e non destinati ad applicazioni di maggior valore.

La mancanza di chiarezza relativa al ruolo del CPR nei confronti degli elementi

12 - Va comunque considerato il fatto che la Direttiva quadro sui rifiuti non tratta in modo specifico il tema di quelli derivanti da attività C&D, ma delinea i processi di recupero cui tutti i rifiuti sono soggetti.

di reimpiego si dimostra un ulteriore fattore che produce delle incertezze per i progettisti e distributori coinvolti in questi processi, soprattutto per quelli attivi nel settore del recupero e della rivendita. Nel caso la commercializzazione dei prodotti di riuso non sia vincolata, come lo studio di Seys e Rotor (2017) lascia intendere, all'ottenimento del marchio CE, si determinano circostanze favorevoli per il mercato degli elementi edilizi di reimpiego anche al di fuori dei confini dello Stato Membro. Nel caso invece il marchio CE sia obbligatorio, il prodotto di riuso che non fosse di recente produzione, e dunque non in possesso della adeguata documentazione tecnico-prestazionale né del marchio CE, potrebbe essere commercializzato a livello internazionale solamente a seguito del conseguimento di una EAD. Questa ipotesi penalizza tutti gli operatori del mercato che si occupano di reimmettere nel mercato lotti di limitata entità, recuperati occasionalmente e che non garantiscono continuità di approvvigionamento.

9.3.2. Problematiche intrinseche del processo edilizio di riuso

Oltre a costituire un quadro labirintico per gli attori del settore, le incertezze determinate dalle diverse cornici normative e, soprattutto, la mancanza di regolamentazioni specifiche per i prodotti e componenti di reimpiego, impediscono l'efficienza di una filiera che già manca di forze trainanti a livello economico (Nordby, 2019). Tali ricadute coinvolgono tutte le fasi proprie dei processi di reimpiego, le quali già incontrano non pochi ostacolo nella loro applicazione al processo edilizio. Una analisi critica dello stato dell'arte permette di identificare le principali criticità che, indipendentemente dagli aspetti normativi, compromettono la diffusione di queste strategie nei seguenti ambiti:

(i) tempistiche necessarie. Le attività di demolizione selettiva e decostruzione richiedono tempi più lunghi, e conseguentemente, costi superiori, inoltre alcune lavorazioni possono essere effettuate solo con condizioni metereologiche favorevoli (Commissione Europea, 2018). La scelta di incorporare nel progetto degli elementi di riuso richiede tempi di progetto maggiori, a volte attese per la preparazione per il riutilizzo dei componenti e attività di costruzione più lente per via dei prodotti non standard (Gorgolewski, 2018);

(ii) decostruzione. Attualmente questo metodo non è ancora diffuso, ciò può determinare che le lavorazioni condotte e le attività di raccolta, separazione e trattamento non possiedano l'efficienza desiderata in termini di risultato, soprattutto se la decostruzione non è condotta in modo accorto e inficia le proprietà degli elementi reimpiegabili (Kozminska, 2019). Questi processi determinano inoltre una necessità di competenze specialistiche non solo per la manodopera ma anche per le figure di coordinamento (Debacker e Manshoven, 2016);

(iii) fattibilità economica. I costi da sostenere per una decostruzione non sono determinabili con precisione per via della complessità delle operazioni di smontaggio, deposito, trasporto e costruzione, inoltre il maggior impiego di manodopera concorre inevitabilmente ad accrescere il budget necessario (Gorgolewski, 2018); anche la sicurezza inerente a queste operazioni accresce i costi del progetto di recupero (Commissione Europea, 2018). Tutto questo si riflette sul prezzo del prodotto finale, mentre quest'ultimo dovrebbe compensare il costo di recupero di un elemento rimanendo, al tempo stesso,

competitivo (Commissione Europea, 2018). Il modello economico del settore delle costruzioni è sviluppato in modo lineare e ruota intorno alla fabbricazione dei prodotti nuovi (Ghyoot et al, 2018), questo accresce la difficoltà di introdurre nuovi tipi di processo (Debacker e Manshoven, 2016) soprattutto data la mancanza di incentivi a livello nazionale e un aumento dei costi di conferimento in discarica insufficiente a dissuadere da demolizioni di tipo convenzionale (Gorgolewski, 2018);

(iv) logistica. Nel corso della decostruzione è necessario organizzare in cantiere lo spazio necessario per la separazione degli elementi e un adeguato stoccaggio, o appoggiarsi a dei siti in prossimità; inoltre la distanza del cantiere dagli impianti di trattamento influenza l'organizzazione del progetto (Commissione Europea, 2018). Queste operazioni sono fortemente influenzate dalla mancanza di dati sullo stock esistente (Ghyoot et al., 2018), nonché sul ciclo di vita degli elementi contenuti nell'edificio da decostruire e, di conseguenza, sulla qualità di quelli che è possibile recuperare (Debacker e Manshoven, 2016);

(v) certificazioni. In area europea è facilmente riscontrabile una frammentazione del quadro delle politiche alle varie scale (Debacker e Manshoven, 2016) e, dal punto di vista prescrittivo, la maggior parte dei Paesi non possiede delle normative che agevolino la scelta di impiegare elementi di riuso. Ciò implica che in molti casi si debba optare per un percorso diverso da quello convenzionale, concertato con la singola amministrazione, che spesso necessita l'ottenimento di certificati prestazionali attraverso lo svolgimento di test di terze parti, con conseguente aumento di tempi e costi (Gorgolewski, 2018). In merito alla commercializzazione emergono dubbi circa la proprietà dell'elemento in seguito alla decostruzione, che va definita dagli attori, nonché in relazione alla necessità dell'apposizione del marchio CE per la circolazione nel mercato (Gorgolewski, 2018; Nordby, 2019). Il tema della mancanza delle certificazioni influisce anche sul team di progetto, in particolar modo se concerne elementi strutturali, poiché è necessario che il progettista sia disposto ad asseverare le loro proprietà (Gorgolewski, 2018).

(vi) utenza finale. La efficacia sul mercato degli elementi di reimpiego è ostacolata dal costo degli stessi, superiore a quelli di nuova fabbricazione per via dei costi sostenuti (Commissione Europea, 2018). Un altro tema che gioca un ruolo rilevante è quello della percezione da parte degli utenti dei prodotti riusati (Kozminska, 2019), materiali e componenti spesso ritenuti meno sicuri a livello di prestazioni e di impatti sulla salute umana, una prospettiva spesso acuita dal pregiudizio e dalla mancanza di informazioni chiare (Gorgolewski, 2018).

9.3.3. Ripercussioni dettate dal quadro normativo

Dal quadro indagato è evidente che le incertezze normative non costituiscano il solo ostacolo ai processi di riuso nella prevenzione e gestione dei rifiuti da C&D, ciò nonostante esse aggravano indirettamente alcuni degli aspetti esaminati o, quantomeno, non consentono di risolverli.
In particolar modo, alcune conseguenze dell'incertezza dettata dall'attuale cornice normativa comportano ricadute, di seguito illustrate, su quattro degli aspetti

sintetizzati, come di seguito illustrato in dettaglio:

(i) tempistiche necessarie;

(ii) fattibilità economica;

(v) certificazioni; e

(vi) utenza finale.

(i) I processi di decostruzione comprendono una serie di attività tali da richiedere maggiori tempi di esecuzione se confrontati con quelli dei convenzionali processi di demolizione. Le incertezze, gravanti sugli operatori della filiera, che emergono attraverso l'esame del quadro normativo e delle complesse procedure necessarie, dilatano ancora di più le tempistiche necessarie. Come ogni altro prodotto da costruzione sul mercato, i prodotti di reimpiego devono essere certificati sulla base delle loro prestazioni e della funzione rivestita, per assicurare che non costituiscano un rischio per la salute umana e per l'ambiente (Parlamento Europeo, 2008). Per i nuovi elementi la valutazione avviene sulla base di saggi a campione, dato che la produzione industriale garantisce le stesse caratteristiche per tutti i prodotti di un medesimo lotto. Al contrario, questo metodo può essere impiegato per i prodotti di reimpiego esclusivamente nei casi in cui l'esito del processo di recupero sia certificato da un EAD. In questo frangente, va considerato che tutte le valutazioni necessarie per assicurare che il prodotto rispetti i requisiti normativi e di mercato, insieme all'attività di ricerca sulle prestazioni del prodotto, si dimostrano procedure che richiedono lunghe tempistiche. Nelle altre circostanze, ammesso di non essere soggetti alla obbligatorietà del marchio CE, è comunque essenziale avvalersi della certificazione di professionisti o tecnici indipendenti al fine di asseverare le adeguate prestazioni dell'elemento, circostanze che comportano ulteriori periodi di attesa precedenti all'effettivo reimpiego. Va tuttavia sottolineato che questa asseverazione è obbligatoria al fine di accertare la conformità ai requisiti e alle disposizioni nazionali in materia di costruzioni e sicurezza. Inoltre, nel caso un elemento recuperato attraverso una decostruzione entri nel regime dei rifiuti seppur in condizioni adeguate per il reimpiego diretto (eventualità che con il quadro normativo attuale appare pressoché certa), è necessario che sia stabilito il suo EoW, circostanza che determina un ulteriore allungamento dei tempi. La figura 9.2 illustra gli *step* descritti.

(ii) Le attività di decostruzione richiedono una forza lavoro specializzata e tempistiche più lunghe per le fasi di strip out e recupero degli elementi, circostanze che determinano un costo più elevato di questi ultimi rispetto a dei prodotti equivalenti di nuova fabbricazione. Va inoltre tenuto in considerazione che nella fase di recupero è quasi sempre necessario effettuare delle lavorazioni sugli elementi, i costi delle quali dipendono dalle operazioni condotte la cui entità non è sempre prevedibile. Queste ultime coprono uno spettro di attività che va dalla semplice pulitura o dalle piccole modifiche a processi più complessi e meno immediati, solitamente messi in pratica da operatori esperti (Giorgi et al., 2019). Oltre a tali costi di tipo diretto, che si ripercuotono sul prezzo finale del prodotto, le barriere normative ne possono comportare di ulteriori,

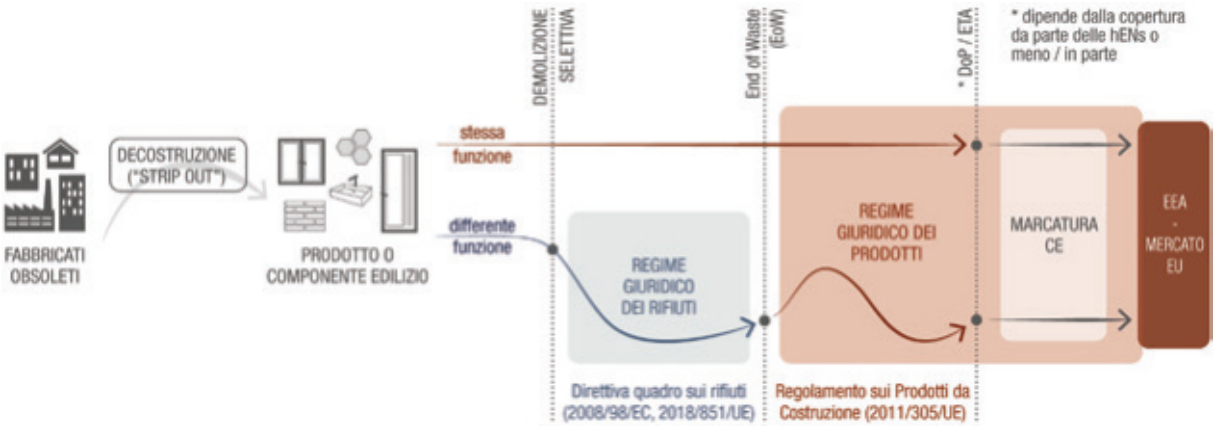


Fig. 9.2. Il duplice percorso degli elementi di reimpiego in termini giuridici

che possono essere sia diretti che indiretti. Nel primo caso sono annoverate le spese richieste per compiere i controlli di qualità e ottenere le certificazioni, insieme ai costi necessari per la consulenza professionale e le prove condotte da terze parti (Giorgi et al., 2019). I costi indiretti sono invece quelli relativi a tutto il tempo che le imprese o i distributori avrebbero potuto impiegare con maggior profitto. Tutte queste attività comportano ulteriori inevitabili ricadute sul prezzo del prodotto finale, riducendo la già limitata competitività sul mercato degli elementi di riuso.

(v) La scollatura rilevabile nel contesto europeo tra gli obbiettivi delle politiche comunitarie e l'aspetto normativo non contribuisce a risolvere gli ostacoli presenti nel settore. Definendo dei regolamenti specifici sul tema del riuso sarebbe invece possibile agevolare questi processi, ottenendo vantaggi anche dal punto di vista del mercato, con prezzi più competitivi per i prodotti finali e una promozione di questa filiera. Il tema delle certificazioni per i prodotti di reimpiego in Europa, largamente discusso nello stato dell'arte esaminato, è compreso tra i requisiti dettati a livello comunitario e le specifiche procedure legate ai contesti nazionali. Da un lato, la asseverazione della conformità di un elemento recuperato a un determinato (nuovo) uso è mirata a garantire che esso sia sicuro e rispetti la normativa vigente e, per tale ragione, sarà sempre necessaria nel caso non si disponga delle specifiche tecniche originarie. Dall'altro, la cornice normativa non produce chiarezza sulle caratteristiche che distinguono l'essere prodotto o rifiuto di un elemento al momento del recupero, una circostanza aggravata dal fatto che manchino delle linee guida su come trattare l'EoW degli elementi di reimpiego[13]. La medesima incertezza si ripete nel caso della loro commercializzazione, determinando maggior confusione per gli attori del settore che adottino queste strategie.

(vi) Nonostante la notorietà che l'economia circolare ha recentemente guadagnato, contribuendo progressivamente all'adozione di scelte più consapevoli da parte dei consumatori, i pregiudizi degli utenti finali circa la qualità "di seconda mano" rappresentano ancora una delle principali barriere alla diffusione dei processi di riuso nel settore delle costruzioni (Commissione

13 - Questo può avvenire nel caso in cui, durante una decostruzione, si attui la rimozione di un componente recente (es. un serramento) la cui certificazione CE sia reperibile e che soddisfi i requisiti prestazionali contemporanei: anche delle piccole operazioni manutentive (es pulizia e riverniciatura) potrebbero essere considerate "preparazione per il riutilizzo" e far ricadere l'elemento nella sfera giuridica dei rifiuti.

Europea, 2016). Ciò avviene indipendentemente dal fatto che un prodotto o componente da reimpiegare sia stato valutato positivamente in termini prestazionali e di sicurezza. Lopez Ruiz et. al. (2020) indicano che "questo è principalmente dovuto alla mancanza di standard sui materiali, [fatto] che porta i consumatori a mettere in dubbio la qualità dei materiali di reimpiego", evidenziando come dei regolamenti o linee guida che affrontassero in modo specifico e chiaro il riuso permetterebbero di ottenere maggior efficacia nel consolidamento di questa filiera.

9.4. Conclusioni. Le ricadute di una cornice frammentata sulla competitività della filiera

Come illustrato dall'analisi critica condotta nella prima parte dell'indagine, il regime giuridico cui sono soggetti gli elementi di reimpiego impedisce una loro collocazione chiara all'interno dell'ambito dei prodotti o componenti da costruzione. Maggiori problematiche emergono nel caso in cui si intenda commercializzare questi beni di "seconda mano", poiché il regolamento in merito alla necessità del marchio CE non prevede tale eventualità, arricchendo il quadro normativo di ulteriori lacune e incertezze. Questo genere di problematiche possono essere affrontate solo per mezzo di un intervento diretto da parte del legislatore, a livello comunitario prima e nazionale poi. Ciò nonostante, l'attuazione di indirizzi inerenti a questa tematica appare essenziale al fine di promuovere la transizione del settore edilizio verso la circolarità, date le ricadute che le barriere di tipo normativo comportano.
Questa circostanza emerge in modo chiaro dalla seconda parte dell'indagine. Il settore del riuso in edilizia è infatti caratterizzato da diverse problematiche intrinseche, che ne limitano notevolmente la capacità di essere concorrenziale e ne determinano, di conseguenza, la sopravvivenza solo come nicchia. Le difficoltà di tipo normativo o regolamentativo concorrono ad aggravare tali dinamiche, comportando ulteriori difficoltà per la filiera dalle ricadute sia in termini di processo che di mercato. La sistematizzazione delle barriere esistenti per i processi di riuso in architettura, effettuata sulla base della letteratura, ha permesso di individuare sei ambiti critici per il settore del riuso in edilizia: tempistiche, decostruzione, fattibilità economica, logistica, certificazioni, utenza finale.
L'analisi successivamente condotta ha così determinato quali di questi aspetti siano particolarmente toccati dalle incertezze normative. È quindi stato evidenziato quali aspetti della cornice normativa influiscano in modo negativo in particolar modo su tempistiche necessarie, fattibilità economica, certificazioni e utenza finale, delineando un quadro preciso degli ostacoli prodotti e permettendo di suggerire dei possibili interventi finalizzati a ridimensionarli.

9.5. Bibliografia di capitolo

Commissione Europea, 2016. EU Construction & Demolition Waste Management Protocol. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs

Commissione Europea, 2018. Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.

Confindustria, 2018. Il ruolo dell'industria italiana nell'economia circolare. Roma, 31 ottobre 2018. https://www.minambiente.it/pagina/recepimento-direttive-rifiuti [11.2020]

Debacker Wim, Manshoven S., 2016. D1 Synthesis of the state-of the-art. Key barriers and opportunities for Materials Passports and Reversible Building Design in the current system. Report. https://www.bamb2020.eu/ [09.2020]

D. Lgs. 3 dicembre 2010, n. 205. Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. GU 288 del 10 dicembre 2010, pp. 1-135

Invitalia, CMB, 2019. Digitalizzazione ed economia circolare nelle imprese cooperative: economia circolare, progetti di filiera innovativi. Realizzazione di uno studio di fattibilità nell'ambito dell'economia circolare mirato al recupero degli scarti in edilizia. https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/allegati/coop/SF_Recupero_ScartiEdilizia.pdf [11.2020]

Ghyoot et. al, 2018. Décontruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

Giorgi S., Lavagna M., Campioli A., 2019. Circular economy and regeneration of building stock in the Italian context: policies, partnership and tools. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012065

Gorgolewski M., 2018. Resource salvation: the architecture of reuse. Hoboken (US): Johns Wiley & Sons

Kozminska U., 2019. Circular design: reused materials and the future reuse of building elements in architecture: Process, challenges and case studies. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 225. doi: 10.1088/1755-1315/225/1/012033

Legge 2 novembre 2019, n. 128. Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 3 settembre 2019, n. 101, recante disposizioni urgenti per la tutela del lavoro e per la risoluzione di crisi aziendali. G.U. 257 del 2 novembre 2019, pp. 1-7

Lopez Ruiz L.A., Roca Ramon X., Gassó Domingo S, 2020. The circular economy in the construction and demolition waste sector. A review and an integrative model approach. In: *Journal of Cleaner Production* 248. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238

Nordby A.S., 2019. Barriers and opportunities to reuse of building materials in the Norwegian construction sector. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 225. doi: 10.1088/1755-1315/225/1/012061

Parlamento Europeo, 2008. Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.

Parlamento Europeo, 2011. Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio. Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea, L 88, pp. 5-43

Parlamento Europeo, 2018. Direttiva UE 2018/851 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti.

Rizzotti A., 2019. Guida tecnica al recupero e riuso dei materiali da costruzione. Sant'Arcangelo di Romagna: Maggioli

Seys S., Rotor asbl, 2017. Vers un dépassement de freins reéglementaires au réemploi des éléments de construction. Un meilleur cadre pour le réemploi de produits, pas d'obligation de marquage CE et un système d'évaluation ad hoc. Le Bati Bruxellois Source de Nouveaux Materiaux. https://www.bbsm.brussels/en/publications-en/ [07.2019]

SNPA (Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente), 2020. Linee guida per l'applicazione della disciplina End of Waste di cui all'art. 184 ter comma 3 ter del D. Lgs. n. 152/2006: Delibera del consiglio SNPA. Seduta del 06.02.2020. Doc. n. 62/20. https://www.snpambiente.it/2020/02/12/linee-guida-per-lapplicazione-della-disciplina-end-of-waste-di-cui-allart-184-ter-comma-3-ter-del-d-lgs-152-2006/ [11.2020]

10. Applicazione di strategie circolari al patrimonio edilizio: il *Reuse Design Project*

È possibile, e in che modo, ottenere risvolti positivi dall'adozione sistematica di questi strumenti nella gestione dell'ambiente costruito, analizzandoli e suggerendo eventuali integrazioni alle carenze riscontrate?

10.1. Premessa e procedimento di indagine adottato

L'attuazione di strategie di reimpiego a scala urbana è un tema che affonda le proprie radici nell'analisi del metabolismo materiale delle città contemporanee e presuppone uno sguardo di tipo ecologico nei confronti delle dinamiche proprie degli insediamenti umani. Come emerge anche dall'analisi dei casi studio condotta al paragrafo 8.1, i professionisti contemporanei motivati dall'interesse di limitare le ricadute ambientali del progetto spesso individuano un perimetro, strettamente locale o regionale, all'interno del quale compiere l'approvvigionamento dei materiali. Tale approccio non viene considerato, dai *practitioner*, come un vincolo dettato da rigidi dettami ecologici, bensì come un modo per riscoprire le risorse materiali locali e valorizzarle attraverso la propria creatività. Con la progressiva diffusione di queste pratiche all'interno dell'area europea, diversi professionisti e società interessati al tema della circolarità in edilizia e alle attività di *scouting*[1] hanno sviluppato degli strumenti di supporto, ideati sulla base delle esigenze lavorative e in seguito affinati. In parallelo, seppur non riferiti in modo diretto all'ambito urbano o locale, anche la Commissione Europea, pubblicando il Protocollo per la gestione dei rifiuti da C&D (2016) e le successive Linee guida (2018), ha sviluppato dei documenti mirati a massimizzare la valorizzazione di materiali ed elementi derivanti da processi di demolizione selettiva.
Data la crescente consapevolezza dell'importanza di promuovere modelli sostenibili per le città contemporanee e future è essenziale, ai fini dell'OS (iv), esaminare il contributo che gli strumenti menzionati possono apportare nella gestione dell'ambiente costruito. L'indagine intende così individuare quali sono gli aspetti dei processi di reimpiego a scala urbana che favoriscono una gestione delle risorse materiali volta a massimizzare il recupero e riuso di prodotti e componenti edilizi. Per tale ragione, l'analisi si compone di due fasi. La prima di esse introduce il concetto di *Reuse Design Project*, analizzando le attività e le operazioni da cui questo approccio progettuale è caratterizzato, confrontandolo con quello di tipo convenzionale. La seconda fase, alla luce del quadro operativo illustrato nella prima, compie un'analisi comparativa degli strumenti finalizzati al recupero di elementi edilizi e alla promozione della filiera del reimpiego nelle

1 - Per approfondimenti su questi temi si rimanda al paragrafo 5.2.2.

costruzioni, concentrandosi su quelli attualmente promossi, o esito della ricerca europea.

10.2. La potenziale applicazione a scala urbana dei processi di riuso

10.2.1. Fasi e attori del Reuse Design Project (Progetto di Reimpiego)

La prevista espansione delle aree urbanizzate, che dovranno accogliere una popolazione in rapida crescita, accelererà inevitabilmente le dinamiche di cambiamento del loro tessuto urbano, coinvolgendo infrastrutture, quartieri e spazi pubblici. Alla luce degli impatti ambientali delle città, è essenziale che questi processi vengano condotti promuovendo delle soluzioni sostenibili.
Le azioni intraprese sull'ambiente costruito varieranno sulla base delle caratteristiche degli edifici coinvolti, tuttavia, come indagato al paragrafo 1.3.3 in termini di obsolescenza delle costruzioni, queste dinamiche saranno in molti casi fortemente influenzate dagli aspetti economici e di mercato. In alcune circostanze saranno intraprese strategie progettuali quali la ristrutturazione o il riuso adattivo, permettendo alle più rilevanti componenti materiali dell'edificio, come la struttura e l'involucro, di essere preservate. In molti altri casi, tuttavia, l'entità degli interventi richiesti per adeguare gli edifici esistenti comporterebbe la conduzione di operazioni antieconomiche, oppure i fabbricati saranno a priori ritenuti inadatti alla nuova funzione per loro prevista. Tali circostanze porteranno alla demolizione dell'edificio, che sarà sostituito, nel medesimo sito, con una nuova costruzione[2]. Alla luce di queste ipotesi, si dimostra di fondamentale importanza governare i flussi materiali di scarto generati da queste attività di C&D, massimizzandone la valorizzazione attraverso dei processi circolari.
Come dimostrato dalle attività di ricerca e di implementazione sul campo dei *practitioner*, si tratta di un approccio che modella le azioni progettuali in base ai materiali ed elementi disponibili in un raggio di distanza ridotto, privilegiando processi di riuso per ragioni ambientali, etiche, formali e culturali[3]. Ciò nonostante, si tratta di un processo dal carattere episodico e avviato su iniziativa privata, che fatica a trovare un coordinamento se non attraverso l'impiego di strumenti, quali le piattaforme di incontro domanda-offerta, ideati dai progettisti stessi. L'efficacia di queste strategie sarebbe notevolmente maggiore se supportata da politiche a scala urbana mirate a gestire componenti derivati da attività di C&D secondo dei cicli chiusi, consentendo di massimizzare l'uso delle risorse disponibili entro un perimetro per quanto possibile urbano e incoraggiando il riuso al fine di preservare gli aspetti culturali del capitale artificiale.
L'adozione di un approccio progettuale orientato al reimpiego comporta notevoli differenze rispetto alla conduzione convenzionale del processo, non solo in termini dell'utilizzo di materiali e componenti di riuso, ma anche di interazione tra le figure professionali coinvolte.
La presente indagine definisce come *Reuse Design Project* (*RDP*) il processo progettuale che, a partire dalla formulazione del *concept* di un nuovo edificio fino alla sua costruzione, prevede, studia e compie l'integrazione nello stesso di

2 - Si descrive questa opzione perché nei casi in cui la ristrutturazione non si dimostri conveniente tale circostanza, unita all'elevato costo del terreno in area urbana, induce generalmente gli investitori a realizzare un fabbricato interamente nuovo sul lotto in cui insisteva quello demolito. Ai fini dell'indagine si dimostra di interesse confrontare questo processo di tipo convenzionale con la gestione della medesima dinamica intesa, al contrario, a sfruttare le risorse materiali disponibili nella preesistenza.

3 - Si veda il capitolo 8.

prodotti e componenti edilizi, derivanti da altre costruzioni, che il progettista individua e ritiene adeguati al progetto. Tale processo determina che il design sia costantemente soggetto a revisione, secondo un andamento iterativo influenzato dalle risorse materiali che si rendono effettivamente disponibili nel corso dell'intero processo. Questa prospettiva rivela una similitudine tra l'approccio dell'*RDP* e quello del *design thinking*[4], disegnando un parallelo tra "progettazione ciclica" e "progettazione circolare" non per la prospettiva della gestione delle risorse impiegate, ma anche perché *the design is never done*[5].

Nel contesto delle dinamiche proprie delle aree urbane si delineano due circostanze differenti in cui un progettista si può trovare ad attuare un *Reuse Design Project*. La prima è quella, già anticipata, in cui il nuovo fabbricato si trova a prendere il posto di quello esistente. Mentre nell'approccio tradizionale la preesistenza viene demolita e i materiali così risultanti sono trattati secondo processi più o meno virtuosi dal punto di vista ambientale, nel caso del *RDP* l'intento diviene quello di cercare di reimpiegare quanti più elementi possibili sul posto, generando un processo di *on-site mining*. Ciò richiede che sia condotto un audit pre-demolizione al fine di quantificare con precisione la quantità di materiali e componenti di interesse, così da poterne organizzare la gestione e lo stoccaggio includendo questi processi nel cronoprogramma di cantiere. La seconda circostanza è quella che prevede la realizzazione di un edificio ex-novo in un'area di progetto sulla quale non insistono fabbricati preesistenti o questi ultimi non presentano interesse dal punto delle potenzialità di riuso di elementi. In tale caso il team di progetto studierà le dinamiche edilizie locali per intercettare flussi di componenti di recupero, facendo uso degli strumenti propri delle strategie di *urban mining* per individuare nella regione prodotti e componenti funzionali al proprio progetto.

La condizione nella quale gli elementi vanno identificati e recuperati da un edificio esistente, di prossima demolizione, dimostra un carattere organizzativo complesso sia nel caso dell'*on-site* che dello *urban mining*. In particolar modo, il secondo approccio richiede che si analizzino e si coordinino flussi di risorse provenienti da fonti eterogenee, i quali divengono spesso disponibili in momenti differenti rendendo necessaria una adeguata pianificazione dello stoccaggio e delle operazioni di recupero. La gestione delle attività finalizzate al reimpiego all'interno di un *Reuse Design Project* prevede una forte interrelazione tra le quattro macro-fasi del processo, delle quali il progettista si trova a coordinare la regia:

(i) *concept*;

(ii) decostruzione e stoccaggio;

(iii) *remanufacturing* o preparazione per il riuso;

(iv) riuso di prodotti e componenti nella nuova costruzione.

4 - Peter G. Rowe (1987) descrive come questo metodo di approccio alla risoluzione di problemi sia basato su dei *feedback loops* che instaurano una serie di relazioni tra le fasi del processo progettuale, permettendo alle informazioni relative al progetto stesso di fluire tra i diversi *step* allo scopo di identificare nuovi problemi o difficoltà da analizzare. Si tratta dunque di "cicli iterativi, all'interno delle varie fasi dell'attività e tra di esse" (Rowe, 1987) che permettono di compiere una graduale progressione attraverso il problema verso la sua soluzione.

5 - Parole non a caso impiegate da Tim Brown, CEO di IDEO, in *Change by Design* (2009).

La seguente figura 10.1 illustra la scansione delle macro-fasi e i diversi attori coinvolti in ciascuna di esse.

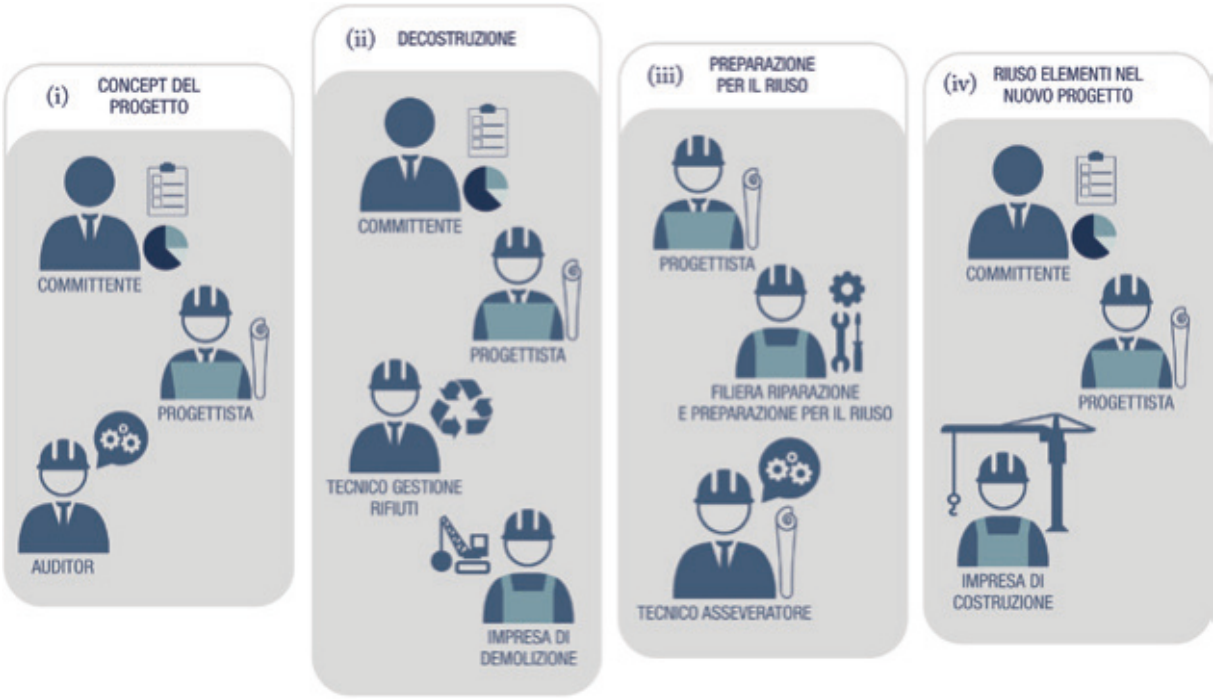


Fig. 10.1. Attori coinvolti nelle quattro macro-fasi del Reuse Design Project

(i) Il processo prende avvio con la fase di *concept* del progetto. Questo step, che si caratterizza per la conduzione di una prima indagine analitica sul fabbricato esistente in parallelo alla definizione del progetto preliminare, interessa tre figure: il committente, il progettista e l'*auditor*. Il ricorso a un approccio orientato al reimpiego è infatti necessariamente subordinato alla volontà del committente, dovuta a motivi di tipo ambientale, formale o culturale e supportata dalla consulenza del progettista. La figura dell'*auditor* riveste un ruolo fondamentale non solo nell'individuazione di tutte le potenzialità fornite dagli elementi edilizi di riuso a disposizione, ma anche nella stretta collaborazione con l'architetto per studiarne i possibili diversi scenari di reimpiego. A tal fine, la redazione di un audit pre-demolizione approfondito permette di identificare le strategie più idonee da applicare per il recupero delle risorse materiali identificate. Su queste scelte influisce in modo non irrilevante anche il costo delle operazioni, che va confrontato con i possibili ricavi dettati dalla vendita o dalle successive applicazioni dei materiali e componenti recuperati. Inoltre, l'audit pre-demolizione dovrà specificare, per ciascuno degli elementi impiegati, quali processi impiegare ai fini degli esiti previsti, consentendo la successiva adeguata organizzazione delle lavorazioni e attività di cantiere.

(ii) Committente, progettista, impresa incaricata della decostruzione e specialista nella gestione dei rifiuti da C&D (che può coincidere con uno degli altri attori menzionati) cooperano nel corso di tutta la seconda fase del *Reuse Design Project*, ovvero la decostruzione. Grazie al *pre-demolition audit*, a questo stadio è possibile distinguere gli elementi in buone condizioni e di interesse, che

potranno essere reimpiegati, dalle porzioni invece recuperabili esclusivamente attraverso processi di riciclo, in situ o presso appositi impianti di trattamento. Queste circostanze, unite alle caratteristiche del fabbricato e dell'area di cantiere, determinano infatti la selezione delle tecniche e le lavorazioni da adottare per le varie parti dell'edificio. È fondamentale, prima di procedere alle operazioni di decostruzione o demolizione, procedere ad asportare i materiali tossici e avviarli agli appostiti processi di trattamento. La prima parte della decostruzione costituisce la fase di *strip-out*, durante le quali tutti gli elementi non strutturali quali arredi, rivestimenti, impianti, sanitari, serramenti, etc. sono rimossi e accantonati per il riuso (diretto o indiretto) oppure differenziati in frazioni omogenee separate[6]. La seconda parte delle attività riguarda invece gli elementi strutturali, per i quali andrà deciso il grado di distruttività della tecnica adottata sulla base dell'esito previsto per questi materiali[7].

(iii) La terza fase del *Reuse Design Project* è relativa alla potenziale necessità di attuare operazioni di controllo, pulizia, smontaggio e riparazione necessari per adattare gli elementi recuperati alle funzioni previste dal loro nuovo utilizzo. Questo processo deriva dalla scelta di preservazione compiuta dal progettista, il quale grazie al supporto dell'*auditor*, individua nei prodotti e componenti un interesse relativo alla loro futura applicazione nel nuovo edificio. Esulando dal quadro giuridico delineato nel capitolo 9, in questa fase vengono di norma valutate le condizioni degli elementi a seguito del recupero, i quali, se non necessitano di *remanufacturing* sono stoccati in attesa del reimpiego. Se, invece, si dimostra necessario compiere delle modifiche di piccola entità (rimozione di leganti, ridimensionamento, sostituzione di alcune parti), ciò avviene a cura degli operatori specializzati, che possono essere interni all'organico della impresa di demolizione oppure terze parti. In alcuni casi si può dimostrare necessario ottenere l'asseverazione di un professionista in merito all'idoneità dell'elemento nella funzione ipotizzata per esso dal progettista. Appare evidente l'importanza di gestire in modo efficiente queste fasi perché non implichino un incremento dei tempi necessari al processo progettuale, nonché l'occupazione delle aree di stoccaggio che possono essere in cantiere (quello di provenienza del componente o quello di destinazione) oppure *off-site*.

(iv) L'ultima fase dell'RDP è quella che concerne la vera e propria integrazione dei prodotti e componenti di riuso nella costruzione del nuovo edificio. Anche in questo caso la regia del processo è quella del progettista, il quale segue il progetto concordato con l'investitore e lo traspone in pratica attraverso il coordinamento con l'impresa di costruzioni impegnata nella realizzazione dell'edificio.

6 - Questo avviene in base al CER, il Codice Europeo dei Rifiuti, introdotti dalla Decisione della Commissione Europea 2000/532/CE, successivamente modificata dalla 2014/955/UE per aggiornare le disposizioni alla Direttiva quadro sui rifiuti.

7 - Si faccia riferimento al glossario per la terminologia relativa alle operazioni di demolizione e decostruzione.

10.2.2. Implementazione del Reuse Design Project: on-site e urban mining

Il quadro d'insieme delineato per le fasi del RDP ha permesso di chiarire con quale ruolo i vari attori intervengano nel processo. Emerge in particolar modo l'importanza del progettista nel coordinamento di tutte le attività e delle figure coinvolte, dimostrando come, in questo contesto, la sola volontà dell'architetto non rappresenti premessa sufficiente per un esito pienamente positivo. La necessità di governare le scelte relative ai flussi di materiali ed elementi edilizi non solo da un punto di vista fisico-geografico, ma anche temporale, determina come la collaborazione tra tutti i professionisti sia ancor più indispensabile che in un processo progettuale di nuova costruzione convenzionale.
Al fine di esaminare quali siano le caratteristiche e i risvolti in termini di processo propri del *Reuse Design Project*, si analizza di seguito lo svolgimento, sia a scala di edificio che in ambito urbano, delle tre macro-fasi individuate, confrontando questa strategia con la pratica convenzionale del settore.
La figura 10.2 illustra lo svolgimento di un processo progettuale, di demolizione



Fig. 10.2. Workflow di un processo convenzionale di demolizione e nuova costruzione

e successiva nuova costruzione, attuato secondo un approccio convenzionale. In questi casi non c'è solitamente un interesse da parte del committente nel reimpiegare degli elementi edilizi recuperati dal fabbricato insistente sul sito e, per tale ragione, le fasi del procedimento si susseguono con una scansione di tipo lineare. Il perfezionamento delle decisioni progettuali non possiede alcun legame né con la preesistenza né con l'esito della sua demolizione. Per tali ragioni, quest'ultima viene condotta (nel migliore dei casi) in modo selettivo e risulta nel semplice conferimento delle diverse frazioni materiali omogenee agli impianti di trattamento. Il nuovo edificio non viene vincolato, dal punto di vista delle risorse, dalle caratteristiche del fabbricato che lo precedeva, chiamando in causa, come indica David Benjamin (2017) "materia ed energia che [vi] arrivano da tutto il mondo".
Nel caso in cui, al contrario, il committente presta attenzione al tema della circolarità, oppure accoglie il suggerimento a riguardo da parte del progettista, il flusso del processo progettuale abbandona il modello lineare per acquisire dei caratteri di tipo iterativo. Tale circostanza viene chiarita dalle fig. 10.3, la quale presenta le caratteristiche dell'*on-site Reuse Design Project*.
La fase di *concept* è infatti necessariamente subordinata alla conduzione di un audit pre-demolizione, che, individuando le caratteristiche dei prodotti e componenti a disposizione e le relative quantità, permette al progettista di ipotizzare vari scenari per la loro integrazione nel nuovo edificio. Una volta definito il progetto, a seguito dell'avvio della decostruzione e del progressivo stoccaggio degli elementi, si dimostra necessario preparare questi ultimi al loro nuovo uso. Tale attività viene condotta attraverso il necessario *remanufacturing* e la eventuale verifica



Fig. 10.3. Workflow dell'on-site Reuse Design Project

di idoneità prestazionale degli elementi nei casi in cui si debba ottemperare a requisiti precisi. Lo svolgimento di queste operazioni si compie in parte nel corso della demolizione e in parte durante la nuova costruzione ed è perciò di fondamentale importanza predisporre un preciso cronoprogramma delle fasi di cantiere e della gestione del materiale gradualmente recuperato e reimpiegato. Nonostante tale processo sia motivato dalla sensibilità culturale e ambientale di progettista e committente, esso è in ogni caso influenzato dal mercato edilizio, in termini sia dei costi potenzialmente superiori rispetto a quelli di un processo convenzionale che dal gradimento dell'esito costruito finale da parte degli utenti. Le circostanze in cui i principi di base dell'*on-site RDP* sono implementati in modo meno occasionale, con un raggio di approvvigionamento ampliato fino a comprendere una porzione della città o l'intera area urbana, permettono a questi processi di acquisire una diversa dimensione strategica. Svincolandosi dal singolo episodio, legato alla volontà degli specifici attori coinvolti, e attingendo a un patrimonio edilizio più consistente ed eterogeneo, le strategie circolari consentono infatti di promuovere una gestione più efficace dei rifiuti da C&D a livello urbano. La figura 10.4 espone il flusso del progetto dello *urban RDP*, la cui scansione si dimostra molto simile a quella del processo on-site.
Rispetto al caso esaminato in precedenza, il considerare un perimetro per l'approvvigionamento di maggior estensione implica che le attività di indagine e di recupero di prodotti e componenti coinvolgano un numero superiore di edifici quali potenziali *material bank*. Se, dunque, nel caso dell'*on-site mining* si dimostra necessario attuare un'indagine conoscitiva attraverso l'audit pre-demolizione, la



Fig. 10.4. Workflow dello urban Reuse Design Project

dimensione acquisita dal processo a scala urbana implica che quest'ultimo veda l'impiego di strumenti mirati allo *scouting* degli elementi di reimpiego. In questa fase il progettista si scontra con la complessa analisi delle risorse disponibili, la quale va compiuta individuando gli elementi di interesse per il progetto all'interno dei flussi di materiale che, compatibilmente con i tempi di gestione del cantiere, si "liberano" nell'area urbana. Questo approccio richiede la capacità dello scout di prefigurare le possibilità concesse dagli elementi edilizi riscontrati, un processo da condurre in simultanea allo svolgimento delle dinamiche progettuali e di realizzazione delle opere. Le piattaforme di incontro domanda-offerta si propongono di facilitare questa fase, permettendo di anticipare i tempi dello

scouting e risparmiando, in tal modo, il team di progetto dall'obbligo di compiere scelte in tempi ridotti. Questo offre notevoli vantaggi anche dal punto di vista economico, poiché consente di non rallentare il processo generale e di contenere il relativo aumento dei costi, influenzato anche dai tempi altrimenti necessari per le ricerche preliminari e l'interpretazione dei regolamenti inerenti ai rifiuti da C&D (Altamura e Baiani, 2019). In termini generali, rispetto all'*on-site RDP,* l'acquisizione dei materiali e componenti edilizi da un numero maggiore di edifici permette notevoli vantaggi in termini di risorse recuperate, superiori sia in quantità che in eterogeneità, agevolando in tal modo la flessibilità progettuale. Nonostante le strategie di *urban mining* necessitino di una conoscenza approfondita dei tipi edilizi che compongono la città al fine di mettere in pratica una efficace chiusura del cerchio, la preservazione delle caratteristiche specifiche, materiali e formali, degli elementi recuperati contribuisce alla sostenibilità dell'area urbana.

10.3. Quadro degli strumenti operativi per il *Reuse Design Project*

10.3.1. Analisi comparativa di metodologie esistenti per l'audit pre-demolizione

Come delineato dall'indagine condotta nel paragrafo precedente, gli strumenti di supporto alla fase di approvvigionamento giocano un ruolo essenziale nell'implementazione dei processi circolari a scala edilizia e urbana. In particolar modo, gli audit pre-demolizione si dimostrano indispensabili per massimizzare il recupero delle risorse materiali contenute in un edificio, permettendone sia il reimpiego immediato (*on-site mining*) che quello in differita, registrando gli elementi a disposizione all'interno di piattaforme digitali (*urban mining*). Istituzioni ed enti di normazione (paragrafo 3.2), uniti ad alcuni *practitioner* e ricercatori internazionali (paragrafo 5.3.1), hanno in tempi recenti sviluppato linee guida e *template* di riferimento per agevolare gli attori del settore nel condurre degli audit pre-demolizione efficaci.
Alla luce di quanto esaminato nello stato dell'arte e in relazione alle caratteristiche del *Reuse Design Project* illustrate nel paragrafo precedente, la presente sezione esamina le caratteristiche di tre di questi strumenti operativi. L'analisi è finalizzata a descrivere come ciascuno di essi delinei la gestione del progetto di decostruzione e della successiva gestione dei rifiuti da C&D, identificando le informazioni di cui suggeriscono la raccolta, i metodi proposti e gli esiti ai quali conducono. Questa indagine prende in considerazione due protocolli, non vincolanti, di tipo istituzionale:

(i) le Linee guida della Commissione Europea (2018), e

(ii) la Prassi di Riferimento dell'UNI (2020).

Al contempo, considerata la notevole esperienza sul campo di alcuni *practitioner*, si ritiene essenziale confrontare queste procedure di matrice ufficiale, *top-down*, con quelle sviluppate dagli attori coinvolti in prima persona nelle operazioni di decostruzione e recupero degli elementi, *bottom-up*. Ciò è finalizzato a individuare, attraverso l'intersezione della prospettiva legata al mondo istituzionale-normativo con quella propria della pratica professionale, quali siano gli aspetti di tali strumenti che promuovono il reimpiego, gli aspetti innovativi e i limiti degli stessi. Si intende dunque confrontare con i due documenti già menzionati un

terzo strumento sviluppato all'interno del progetto Interreg FCRBE[8]: la

(iii) *Guide for identifying the reuse potential of construction products* (Deweerdt e Merten, 2020).

(i) Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings (Commissione Europea, 2018).
Le linee guida rivelano sin dal titolo come la metodologia operativa proposta, nonostante intenda migliorare la gestione circolare delle risorse in edilizia, lo faccia incoraggiando i *loop* più esterni. Impiegando il termine *waste*, questo documento si allinea infatti – e non potrebbe essere altrimenti – all'interpretazione normativa comunitaria per la quale il solo esito possibile delle attività da C&D è costituito da rifiuti[9]. Intento dichiarato di queste linee guida è quello di "fornire degli indirizzi sulle *best practice* per la valutazione dei flussi di rifiuti da costruzione e demolizione anteriormente alla demolizione o ristrutturazione di edifici e infrastrutture (…) per facilitare e massimizzare il recupero di materiali e componenti per il [loro] vantaggioso riuso e riciclo" (Commissione Europea, 2018). L'impiego di termini come "materiali" e "rifiuti" non esclude, come viene illustrato in dettaglio più avanti nel testo, che siano proposte delle indicazioni anche in merito al reimpiego di elementi edilizi. Ciò nonostante, si tratta di un orientamento che pregiudica l'adeguato approfondimento di questa tematica, relegandola nuovamente a "caso particolare" senza approfondire la dicotomia rifiuto-prodotto cui tali elementi sono soggetti. L'interesse predominante delle Linee guida nei confronti dei flussi di materiali recuperabili come MPS attraverso operazioni di riciclo è motivato dall'ampia percentuale di inerti riscontrabile nelle demolizioni del patrimonio edilizio europeo contemporaneo, la quale indubbiamente richiede una maggiore valorizzazione.
Una fase essenziale del procedimento delineato nel documento è quella di predisposizione e compilazione dell'Inventario dei materiali, redatto da un *auditor* esperto. Le Linee guida sottolineano come la valutazione dei flussi derivanti dalle attività di cantiere intenda fornire dati affidabili circa i tipi e le quantità di rifiuti prodotti dalla demolizione, indicando per tale motivo alcuni dati minimi da raccogliere ai quali associare, per completezza o se richiesto dalle autorità, informazioni più dettagliate. L'inventario degli elementi, opzionale, va elaborato in un documento separato. È tuttavia rimarcato come i materiali di cui i prodotti e componenti sono composti vadano comunque inventariati nel primo registro, con l'esclusione degli elementi per i quali sia previsto il riuso certo[10]. Questa differenziazione, di seguito spiegata in dettaglio, è illustrata dalle tabelle 10.2, 10.3, e 10.4 riportate a fine paragrafo.
Secondo le *Guidelines,* le informazioni di base da raccogliere nell'Inventario dei materiali sono:

a. tipo di materiale e classificazione. Quest'ultima va eseguita specificando se

8 - Il progetto, correntemente in fase di implementazione, è stato descritto nel paragrafo 5.3.1 unitamente agli esiti dei WP finora pubblicati. Anche il progetto H2020 BAMB si è occupato di definire un modello mirato a identificare il potenziale di reimpiego degli elementi edilizi, tuttavia esso è stato concepito per l'applicazione in fase progettuale e non in termini di decostruzione dell'esistente.

9 - Poiché in caso contrario si tratterebbe di un'operazione di *prevenzione* dei rifiuti.

10 - Si può notare che in questo caso venga fatta una implicita concessione dovuta allo status giuridico dell'elemento, poiché il riuso certo, attraverso l'obbligata conservazione della funzione originaria del componente, per ragioni di aderenza alla normativa vigente costituisce un'attività di prevenzione dei rifiuti.

sia inerte o non inerte, pericoloso o non pericoloso, e va inoltre corredata del codice CER di identificazione[11] del rifiuto. La tabella 10.1, illustrata a fine paragrafo, riporta i codici relativi ai rifiuti delle attività di costruzione e demolizione;

b. localizzazione. Il protocollo non è molto chiaro a riguardo, indicandola come dato opzionale, ma vivamente consigliato, nel testo descrittivo, mentre la inserisce tra i contenuti minimi dei *template* suggeriti. Si tratta tuttavia di un'informazione fondamentale per massimizzare l'efficienza del recupero e la conduzione delle attività in sicurezza;

c. quantità/unità. L'informazione va espressa in unità di misura di peso o volume.

I dati più approfonditi che possono completare l'inventario, per ciascun materiale, sono invece:

d. possibile esito. Si intende indicare, sulla base della natura del materiale stesso e sulle sue condizioni, quale siano le possibili operazioni di trattamento in riferimento a quelli individuati dalla Gerarchia dei rifiuti (riutilizzo, riciclo, riempimento, recupero di energia, smaltimento);

e. esito raccomandato. Questo parametro indica quale sia l'esito suggerito dall'*auditor* tra quelli possibili identificati prendendo in considerazione il punto di vista normativo e di stato di conservazione del materiale. Al contrario del dato precedente, esso va deciso tenendo in considerazione l'ordine di priorità identificato dalla Gerarchia dei Rifiuti e la distanza dai vari impianti di trattamento dei rifiuti;

f. precauzioni da assumere nel corso della decostruzione. Le informazioni raccolte sono mirate ad agevolare lo svolgimento delle operazioni proteggendo sia la sicurezza degli operatori coinvolti che l'integrità dei materiali e componenti recuperati;

g. immagini. Gli scatti fotografici possono essere d'aiuto nell'individuare l'elemento edilizio, a metterne in risalto caratteristiche particolari o circostanze che potrebbero provocare difficoltà nel corso delle attività di demolizione.

Più completo è il modo in cui viene redatto l'inventario, maggiori sono i vantaggi che da questo derivano. In termini ambientali e di gestione, infatti, ciò permette di compiere una accurata differenziazione dei materiali in frazioni omogenee, adottando in seguito il processo di trattamento più adatto per ciascuna di esse e agevolandone il tracciamento. Inoltre, la sua accuratezza è fondamentale per definire la seconda sezione dell'audit, di tipo opzionale, relativa alle raccomandazioni per la gestione di rifiuti. Maggiori sono le informazioni sulla preesistenza, più è agevole la definizione dei suggerimenti per la rimozione dei materiali pericolosi, per le precauzioni inerenti alla sicurezza, per la separazione dei flussi di materiale e per la gestione del cantiere e dello stoccaggio.

Una tabella finale riassuntiva ordinata per tipo di esito previsto per ciascuna frazione materiale consente di verificare che sia stato raggiunto l'avvio del 70% dei rifiuti da C&D in peso a processi di recupero, come previsto dalla Direttiva quadro.

Il documento esito di questa metodologia è corredato di alcune indicazioni operative, relative alla conduzione del necessario studio preliminare e ai sopralluoghi da effettuare in situ. Questi ultimi, allo scopo di produrre un affinamento sempre maggiore delle informazioni raccolte nell'inventario, comprendono l'ispezione visiva, l'esecuzione di prove più o meno invasive – in base alle caratteristiche del

11 - Tratto dalla 2000/532/CE, modificata dalla 2014/955/UE.

manufatto – per determinare con precisione le stratigrafie, l'asporto di campioni dei materiali inventariati.

(ii) Prassi di Riferimento (PdR) per la Decostruzione Selettiva (UNI, 2020)
Pubblicata due soli anni dopo le Linee guida europee, la PdR dimostra come il tema della gestione circolare dei rifiuti da C&D sia oggetto di attenzione da parte di vari attori e, conseguentemente, ciascuno di essi proponga strumenti differenti. Come nel caso del documento comunitario, l'orientamento della PdR è intuibile sin dalla nomenclatura utilizzata nel titolo completo, "Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare". Se l'ambito delineato rimane quello dei rifiuti, l'utilizzo del termine *decostruzione* indica un approccio più ragionato e meno distruttivo alla preesistenza, volto a superare l'idea di selettività come semplice mezzo per realizzare una efficace "raccolta differenziata", bensì mirato a "massimizzare il potenziale di riutilizzabilità e/o riciclabilità" di componenti e materiali (UNI, 2020).
L'approccio di questo documento si basa sulle modifiche introdotte dalla 2018/851/UE alla Direttiva quadro sui rifiuti. Esse sottolineano la necessità, in ambito edilizio, di "incentivare la ricostruzione, il rinnovo e, se del caso, la ridestinazione dei prodotti, come pure piattaforme di condivisione" (Parlamento Europeo, 2018) e promuovono la demolizione selettiva per la gestione del costruito esistente. Come già anticipato nel paragrafo 3.3.3, ciò si riflette in una dichiarata accezione del reimpiego molto più ampia di quella proposta dal quadro normativo comunitario, includendo prodotti e componenti, riuso diretto e indiretto, provenienza interna o esterna al settore delle costruzioni, funzione originale o differente. Appare evidente che l'adozione di tale prospettiva all'interno di un *pre-demolition audit* permetta una notevole flessibilità in termini di selezione degli elementi riutilizzabili rispetto all'approccio definito dalla Commissione Europea. La metodologia proposta dalla Prassi di Riferimento si collega direttamente al tema di condivisione dei dati introdotto dalle modifiche alla Direttiva quadro citate, indicando come i dati raccolti attraverso l'audit pre-demolizione dovrebbero confluire in un database – e che altrettanto dovrebbe avvenire per gli edifici di nuova costruzione[12].
La PdR propone una gestione delle attività di demolizione suddivisa in tre macro-fasi principali:

> (i) progettuale, dedicata alla raccolta dei dati e alla organizzazione del processo; (ii) operativa, nel corso della quale sono condotti lo smontaggio e la demolizione selettiva; e
>
> (ii) consuntiva, dedicata all'aggiornamento su supporto digitale dei materiali riscontrati e gestiti.

12 - "La presente prassi di riferimento delinea un processo per la decostruzione selettiva e il recupero (riuso e riciclo) dei rifiuti in un'ottica di economia circolare. La descrizione del processo prende in considerazione sia gli edifici esistenti (costruito) da ristrutturare o da demolire, sia quelli di nuova realizzazione (nuova costruzione): per i primi (edifici esistenti) deve essere utilizzato il database dei materiali destinabili al riciclo ed al riuso costruito in fase di indagine (audit pre-demolizione); per i secondi (edifici di nuova costruzione) si deve compilare il database dei materiali previsti da progetto" (UNI, 2020).

L'audit pre-demolizione, come illustrato nella fig. 10.5, coincide con la macro-fase progettuale della metodologia proposta.
Scopo di questo strumento è definito come quello di identificare "le modalità di smantellamento e di separazione dei materiali (…) in termini qualitativi e quantitativi" e "le qualità e le quantità di rifiuto oggetto di riuso, riciclo, altre forme di recupero o smaltimento attraverso una documentazione strutturata per la verifica della trasparenza delle attività" (UNI, 2020). Le attività individuate per elaborare in modo completo l'audit pre-demolizione si articolano in due sezioni, la prima dedicata all'indagine preliminare e la seconda volta alla progettazione esecutiva della decostruzione.

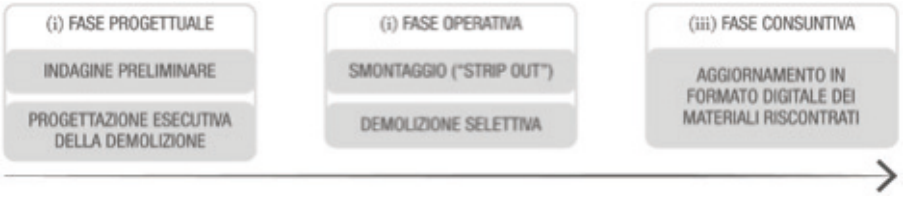


Fig. 10.5. Scansione delle attività proposta dalla Prassi di Riferimento 75:2020 (UNI, 2020; elaborazione dell'autrice)

La sezione di indagine preliminare si propone di descrivere e valutare differenti aspetti:

a. fabbricato. Sono individuate le caratteristiche generali del fabbricato oggetto di intervento in riferimento alle attività che vi si sono svolte all'interno, così da determinare se queste abbiano potuto influire sugli aspetti qualitativi dei materiali da recuperare;
b. caratteristiche sito. Al fine della gestione del processo si dimostra utile raccogliere i dati relativi all'area circostante con attenzione ad accessi, spazi di pertinenza, vicinanza ad altri edifici, possibili spazi per lo stoccaggio;
c. componenti del costruito. Tale sezione rappresenta il punto cruciale per massimizzare il riuso, in quanto si prefigge di registrare "le componenti o parti del costruito che possano essere smontate suddividendole in base al potenziale livello di recuperabilità". Quest'ultimo viene riferito ai processi indicati dalla Gerarchia dei Rifiuti;
d. prossimità impianti. Per ottenere il quadro preliminare necessario alla definizione del progetto di decostruzione sono identificate le strutture di recupero e di smaltimento presenti nel territorio;
e. rifiuti pericolosi. I materiali componenti l'edificio che possono costituire un pericolo per la salute umana o per l'ambiente sono individuati con precisione.

Una volta raccolte informazioni sufficienti per contestualizzare in modo adeguato sia le operazioni di decostruzione che la gestione di cantiere e materiali recuperati, la loro pianificazione va integrata con le relative indicazioni operative fornite nella seconda sezione. Prende in tal modo forma il progetto esecutivo della decostruzione, che fornisce i dati relativi a:

f. interventi. Sulla base dei dati preliminari, vanno identificate le modalità e le operazioni di smontaggio e demolizione selettiva, individuando i flussi di materiale generati e il relativo codice CER;
g. logistica. Questa sezione intende determinare e dimensionare gli spazi necessari alla conduzione delle attività, quali aree di stoccaggio e depositi temporanei di rifiuti separati in frazioni omogenee, con particolare attenzione a quelli pericolosi;
h. impianti. Sulla base delle attività previste va indicato se si intenda fare utilizzo di impianti mobili per il riciclo dei materiali;
i. stima delle quantità. Tale stima avviene per tutti e tre i tipi di attività che

saranno condotti: smontaggio, demolizione selettiva, demolizione di tipo tradizionale per le porzioni di edificio che non sia possibile gestire altrimenti;

j. cronoprogramma. Identificazione e pianificazione di tutte le operazioni che sono condotte, compresa la gestione dei rifiuti prodotti, unite a una stima dei tempi e dei costi.

La Prassi di Riferimento definisce la fase operativa come prodotto di due processi successivi tra loro. Prima di operare la demolizione selettiva, il cui esito sono frazioni materiali omogenee, sono infatti attuate le operazioni di smontaggio. Queste ultime hanno "il fine di rimuovere le parti della struttura (es. porte, finestre, arredi, fino eventualmente ad elementi prefabbricati e strutturali, ecc.) che possono essere destinate direttamente al riuso, al riciclo - separando le componenti di cui è costituita in conformità all'EER[13] con raccolta nei depositi temporanei specifici - oppure allo smaltimento o recupero energetico". Si tratta dunque, in altri termini, di un processo che prevede uno *strip-out* molto approfondito precedere alla demolizione selettiva.

Alcuni prospetti contenuti nel documento, rielaborati e riassunti nella tabella 10.5, propongono dei modelli da utilizzare per riportare i dati raccolti nella fase preliminare e gli esiti di quella operativa nella relazione tecnica finale. Non si tratta di veri e propri *template* a supporto della metodologia proposta, poiché affrontano solamente alcuni aspetti specifici del processo, rinnovando l'attenzione nei confronti dei materiali pericolosi o contaminanti. Al contrario dell'approccio strettamente analitico della Commissione Europea (2018), legato alla quantificazione in peso dei rifiuti da C&D per ottemperare al 70% di materiale recuperato come sancito dalla 2008/98/CE, la Prassi di Riferimento adotta un metodo più descrittivo. Si può tuttavia rilevare come, nonostante i molteplici riferimenti al tema del reimpiego e a dispetto della definizione ampia fornita di questo concetto, non siano procurate indicazioni di dettaglio in merito né dal punto di vista di procedimento né da quello di modelli proposti.

(iii) A Guide for identifying the reuse potential of construction products (Deweerdt e Merten, 2020)

Differente approccio rispetto ai precedenti si dimostra quello della bozza pubblicata dal gruppo di ricerca del progetto FCRBE.

In essa si riflette l'approccio da *practitioner* proprio degli autori, esternato sia dalla volontà di fornire precise indicazioni operative per la conduzione dell'audit, sia dall'esclusivo approfondimento della tematica del recupero di elementi edilizi per il loro successivo reimpiego. Come indicato anche dall'UNI (2020), questa fase precede quella della demolizione selettiva vera e propria, caratterizzandosi come uno *strip-out* il cui obbiettivo è quello di "identificare i materiali e prodotti edilizi che presentano un elevato potenziale di riutilizzo" (Deweerdt e Merten, 2020). L'esito di questo "audit di recupero [*reclamation*]" è un inventario che permette, nelle intenzioni degli autori, non solo di identificare gli elementi che dovranno essere rimossi con cautela da parte dell'impresa di demolizione, ma anche di: i) fornire informazioni al committente e progettista circa opportunità di riuso *on-site*; ii) essere impiegato come strumento decisionale per valutare l'effettivo riuso degli elementi o altri trattamenti; iii) rendere nota la disponibilità di prodotti e componenti per facilitarne la rimessa in circolazione nel mercato.

Il *reclamation audit* è un'operazione che va preferibilmente condotta a seguito

13 - Si intende l'Elenco Europeo dei Rifiuti riportato alla tabella 10.1.

dei sopralluoghi necessari per identificare e rimuovere i materiali pericolosi dall'edificio. Questa accortezza consente sia di non compiere prove o sondaggi che interessino accidentalmente sostanze nocive, sia di compiere la valutazione in merito al potenziale di reimpiego esclusivamente sugli elementi che sono effettivamente idonei a quello scopo. Il gruppo di ricerca differenzia il *reclamation audit* dall'audit pre-demolizione, ritenendo il secondo finalizzato esclusivamente alle operazioni di demolizione selettiva e non idoneo al recupero di elementi integri. Per questa ragione, se all'audit di recupero segue quello di pre-demolizione è possibile ottenere una visione completa delle operazioni di recupero di elementi prima e di materiale poi, così da sviluppare una pianificazione integrata delle attività finalizzate a una gestione circolare efficace. Tuttavia, come anticipato nel paragrafo 5.3.1[14], le differenze che intercorrono tra l'approccio volto a massimizzare il riuso e quello tipico di una demolizione selettiva possono creare interferenze tra le due procedure per via dei diversi obbiettivi. In particolar modo, le diverse modalità di valutazione, in termini di unità e quantificazione, compromettono a volte un esito univoco, una difficoltà aggravata dalle incertezze relative allo status giuridico, e richiedono inoltre che siano coinvolti operatori diversi per le analisi e per la presa in carico degli elementi (Geerts et al., 2020). È bene, per tale ragione, considerare che nel *reclamation audit* i componenti vanno identificati nella loro integrità formale e funzionale e non nelle distinte componenti materiali, un compito facilitato se ci si avvale di un *auditor* con adeguata esperienza nello specifico campo del reimpiego. La figura 10.6 illustra la scansione temporale delle fasi che compongono il processo suggerito dai ricercatori di FCRBE:
Il procedimento generale proposto si compone di tre fasi:

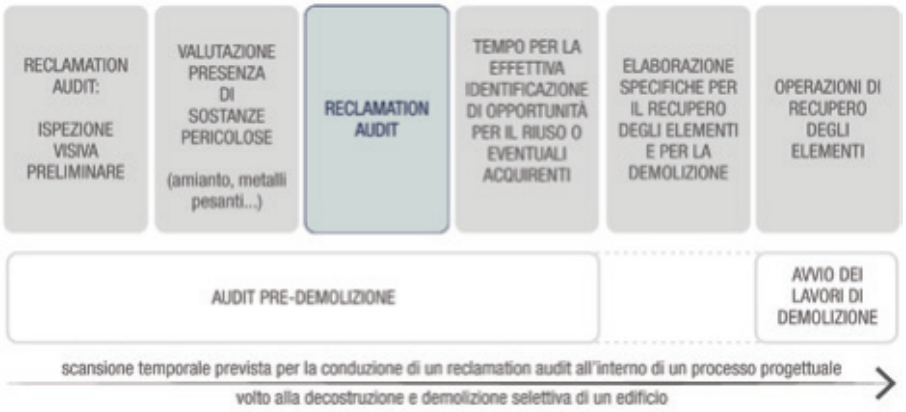


Fig. 10.6. Collocazione temporale delle fasi di indagine precedenti l'operazione di recupero di elementi (Deweerdt e Merten, 2020; elaborazione dell'autrice)

(i) l'identificazione dei prodotti reimpiegabili;

(ii) la raccolta e organizzazione delle informazioni utili allo scopo; e

(iii) la successiva trasmissione degli esiti dell'audit a potenziali utenti interessati.

Per la redazione dell'audit di recupero, che costituisce la seconda fase del processo, questa metodologia propone due livelli di approfondimento circa i dati da raccogliere, una prima relativa a quelli essenziali e una seconda con le specifiche

14 - Si veda in particolar modo l'approfondimento alla nota 59 del capitolo 5.

di dettaglio.
La sezione delle informazioni di base comprende dati di varia natura:

a. informazioni generali. Dati in merito al documento, all'inventario, agli attori coinvolti, all'edificio in esame e al suo contesto;
b. identificazione dell'elemento. Identificazione provvista di un codice di riferimento;
c. immagine. Fotografie che illustrano l'elemento nella sua totalità e nei dettagli;
d. quantità. Stima in base all'unità di misura più adeguata (metri cubi, metri quadrati, metri lineari, etc.);
e. dimensioni;
f. massa;
g. ubicazione. Localizzazione precisa della posizione del prodotto o componente all'interno dell'edificio;
h. condizioni. Stato di conservazione dell'elemento.

I dati di dettaglio intendono approfondire le informazioni specifiche di ciascun elemento identificato all'interno di un *template* analitico a esso dedicato, allo scopo di poter determinare se l'oggetto dell'analisi sia, in battuta finale, idoneo al reimpiego o meno:

i. elemento. Descrizione tecnica di dettaglio con riferimento ai materiali, alle prestazioni, alle finiture, allo specifico valore o interesse, posizione rispetto alle normative vigenti;
j. contesto. Contestualizzazione dell'elemento in base all'uso che ne è stato fatto in passato;
k. assemblaggio. Metodi di assemblaggio e posa in opera dell'elemento, rischi in cui si può incorrere all'atto della separazione;
l. benefici ambientali. Stima dei benefici ambientali ottenibili per mezzo del reimpiego;
m. sostanze pericolose. Verifica della presenza di sostanze pericolose;
n. documentazione. Eventuale documentazione tecnica esistente, garanzie, documenti che attestano la conformità, etc.;
o. applicazioni suggerite. Riferimento ad applicazioni di prodotti simili in altri progetti.

Al fine di ottenere un livello così approfondito di informazioni può rivelarsi necessario effettuare degli studi o delle prove sugli elementi esaminati. Tra questi figurano test di decostruzione, verifica della composizione chimica o della presenza di sostanze pericolose, studi tecnici per dimostrare che il prodotto o componente in oggetto risponda efficacemente ai requisiti propri del nuovo impiego. Una rielaborazione riassuntiva dei *template* proposti dal gruppo di ricerca di FCRBE è riportata nella tabella 10.6.

10.3.2. Ostacoli all'efficacia del Reuse Design Project a scala urbana

L'analisi delle tre metodologie proposte evidenzia, al di là della differenziazione esplicita o meno, a livello procedurale, tra materiali ed elementi, l'importanza delle operazioni di indagine pre-demolizione in termini di gestione efficace dei rifiuti da C&D. La conduzione di questi audit, siano essi relativi ai materiali e dunque volti a ottenere una demolizione selettiva dagli esiti qualitativamente elevati oppure mirati al recupero degli elementi edilizi in buone condizioni per loro il successivo reimpiego, è una premessa fondamentale per incentivare la circolarità nel settore delle costruzioni. In particolar modo, l'approccio volto alla preservazione dei componenti nella loro integrità funzionale, prestazionale

e formale, diventa essenziale per promuovere la filiera del reimpiego e l'esercizio di queste pratiche progettuali. Una volta che gli elementi sono recuperati da un edificio in via di demolizione e sottoposti a *remanufacturing* possono infatti essere re-immessi nel mercato attraverso la accurata catalogazione all'interno delle piattaforme di incontro domanda-offerta. Questi database, come emerge anche da quelli illustrati al paragrafo 5.2.3 (Salvoweb [UK], harvestmap [NL], Opalis [BE]), si distinguono in due categorie differenti. La prima di queste comprende le piattaforme che si rivolgono a un pubblico non specialista e privilegiano dei prodotti il cui valore spesso viene individuato nella patina che gli stessi presentano o nella particolarità della fattura. Questa visione è rispecchiata dal fatto che la localizzazione geografica degli elementi sia considerata rilevante solo per ragioni di accesso agli stessi e non in termini ambientali o di approccio progettuale ispirato al *making do* di Lacaton (2020)[15]. Il secondo tipo di piattaforme è quello che, al contrario, è basato proprio su questi due aspetti e, trattando prodotti e componenti di tipo più "ordinario", agevola i progettisti interessati a mettere in atto delle strategie di *urban mining*.

Come analizzato nell'ambito dello *urban Reuse Design Project*, la fase di ricerca dei prodotti e componenti di recupero da inserire nella nuova costruzione si dimostra quella più complessa del processo. I database permettono di "guadagnare tempo" su quello normalmente deputato alle attività di *scouting*, consentendo ai progettisti di acquisire informazioni circa gli elementi a disposizione sin dall'avvio della fase progettuale. Nonostante l'indubbio apporto positivo fornito, se si considera la possibilità di un loro utilizzo esteso e condiviso a livello internazionale essi possiedono alcuni limiti. Si tratta infatti di piattaforme di tipo *bottom up*, realizzate da gruppi di privati e, conseguentemente, strettamente legate alle aree geografiche in cui questi operano o fanno conoscere il progetto. Ciò avviene anche nei casi in cui i diversi attori sono collocati in aree geografiche distinte, come avviene per Opalis[16], che si sta correntemente sviluppando con gradualità sulla base delle ricerche condotte dai partner del progetto FCRBE ubicati in Belgio, Francia e Gran Bretagna. È quindi necessario che altri soggetti si costituiscano "cellula di attivazione" per integrare nel database una zona geografica esterna, richiedendo il lavoro costante del nuovo team di progetto nell'ampliamento dei contenuti del catalogo e nel coordinamento con i promotori della piattaforma. Inoltre, nonostante sia auspicabile la futura implementazione di una filiera del reimpiego strettamente legata al tessuto produttivo locale, è probabile che le adesioni a questo tipo di rete avvenga da parte di attori che sono *già* parte di questa catena del valore. Tali circostanze alimentano una prospettiva di crescita molto lenta della rete del riuso, non sufficientemente robusta da evadere la condizione di nicchia propria di questo mercato e di promuovere una visione progettuale innovativa all'interno di un settore delle costruzioni il cui andamento lineare è fortemente resistente al cambiamento.

15 - Si veda il paragrafo 7.2.

16 - Si veda il paragrafo 5.2.3.

17	RIFIUTI DALLE ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE
17 01	**cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche**
17 01 01	cemento
17 01 02	mattoni
17 01 03	mattonelle e ceramiche
17 01 06*	miscugli o frazioni separate di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, contenenti sostanze pericolose
17 01 07	miscugli di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diversi da quelli di cui alla voce 17 01 06
17 02	**legno, vetro e plastica**
17 02 01	legno
17 02 02	vetro
17 02 03	plastica
17 02 04*	vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati
17 03	**miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame**
17 03 01*	miscele bituminose contenenti catrame di carbone
17 03 02	miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 17 03 01
17 03 03*	catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
17 04	**metalli (incluse le loro leghe)**
17 04 01	rame, bronzo, ottone
17 04 02	alluminio
17 04 03	piombo
17 04 04	zinco
17 04 05	ferro e acciaio
17 04 06	stagno
17 04 07	metalli misti
17 04 09*	rifiuti metallici contaminati da sostanze pericolose
17 04 10*	cavi impregnati di olio, di catrame di carbone o di altre sostanze pericolose
17 04 11	cavi, diversi da quelli alla voce 17 04 10
17 05	**terra (compresa quella proveniente da siti contaminati), rocce e materiale di dragaggio**
17 05 03*	terra e rocce, contenenti sostanze pericolose
17 05 04	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03
17 05 05*	materiale di dragaggio contenente sostanze pericolose
17 05 06	materiale di dragaggio, diverso da quello di cui alla voce 17 05 05
17 05 07*	pietrisco per massicciate ferroviarie, contenente sostanze pericolose
17 05 08	pietrisco per massicciate ferroviarie, diverso da quello di cui alla voce 17 05 07
17 06	**materiali isolanti e materiali da costruzione contenenti amianto**
17 06 01*	materiali isolanti, contenenti amianto
17 06 03*	altri materiali isolanti contenenti o costituiti da sostanze pericolose
17 06 04	materiali isolanti, diversi da quelli di cui alle voci 17 06 01 e 17 06 03
17 06 05*	materiali da costruzione contenenti amianto
17 08	**materiali da costruzione a base di gesso**
17 08 01*	materiali da costruzione a base di gesso contaminati da sostanze pericolose
17 08 02	materiali da costruzione a base di gesso, diversi da quelli di cui alla voce 17 08 01
17 09	**altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione**
17 09 01*	rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti mercurio
17 09 02*	rifiuti dell'attività di C&D, contenenti PCB (ad esempio sigillanti contenenti PCB, pavimentazioni a base di resina contenenti PCB, elementi stagni in vetro contenenti PCB, condensatori contenenti PCB)
17 09 03*	altri rifiuti dell'attività di C&D (compresi rifiuti misti) contenenti sostanze pericolose
17 09 04	rifiuti misti dell'attività di C&D, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03

Tabella 10.1: elenco dei codici CER per i materiali derivanti da attività di C&D (2014/955/UE)

I rifiuti contrassegnati da un asterisco (*) nell'elenco di rifiuti sono considerati rifiuti pericolosi ai sensi della direttiva 2008/98/CE, a meno che non si applichi l'articolo 20 di detta direttiva

Edificio:
Livello:
Altre informazioni:

UNITÀ COSTRUTTIVA									
TIPO DI MATERIALE	IDENTIFICAZIONE MATERIALE	CODICE RIFIUTO	UBICAZIONE	QUANTITÀ	UNITÀ	POSSIBILI ESITI	ESITO PREFERIBILE	PRECAUZIONI DA ASSUMERE	IMMAGINI NOTE
distinzione: - inerte - non interte - pericoloso	tipo di materiale	codice identificativo a sei cifre secondo l'elenco dei rifiuti	individuazione del piano dell'edificio dove il materiale è collocato	consistenza espressa in peso [kg] [t], volume [mc] o superficie [mq]	numero unità	- riutilizzo - riciclaggio - riempimento - recupero - smaltimento	considerare la gerarchia dei rifiuti e le possibilità di trattamento rifiuti nelle vicinanze	azioni da compiere nel rispetto della sicurezza e relative alle operazioni di demolizione	
		2014/955/UE				2008/98/CE	2008/98/CE		

Tabella 10.2: template suggerito dalla Commissione Europea (2018) per l'inventario dei materiali da eseguire nell'audit pre-demolizione, integrato con i riferimenti normativi, rielaborazione dell'autrice

EDIFICIO	UBICAZIONE	TIPO DI MATERIALE	IDENTIFICAZIONE MATERIALE	CODICE RIFIUTO	UNITÀ COSTRUTTIVA	QUANTITÀ	UNITÀ	ESITO PREFERIBILE	QUANTITÀ TOTALE
	piano terra, piano primo, piano secondo, ...	rifiuto inerte							
		TOTALE RIFIUTI INERTI							
		rifiuto non interte e non pericoloso							
		TOTALE RIFIUTI NON INERTI E NON PERICOLOSI							
		rifiuti pericolosi							
		TOTALE RIFIUTI PERICOLOSI							

Tabella 10.3: Riepilogo dei differenti tipi di materiali da rimuovere relativo all'intero edificio (Commissione Europea, 2018), rielaborazione dell'autrice

contenuti minimi

contenuti raccomandati

Edificio: Livello: Altre informazioni:

UNITÀ COSTRUTTIVA												
ELEMENTO	UNITÀ	UBICAZIONE	IDONEITÀ AL REIMPIEGO	POSSIBILE MERCATO	QUANTITÀ	DETTAGLIO DEI DIVERSI MATERIALI COMPONENTI L'ELEMENTO					PRECAUZIONI	IMMAGINI E NOTE
						IDENTIFICAZIONE MATERIALE	CODICE RIFIUTO	TIPO DI MATERIALE	POSSIBILI ESITI	ESITO PREFERIBILE		
tipo prodotto o componente	numero unità	individuazione del piano dell'edificio dove il materiale è collocato	stato di conservazione e proprietà dell'elemento in relazione ** ***	segmenti nei quali è possibile l'inserimento dell'elemento in base alla sua idoneità**	consistenza espressa in peso [kg] [t], volume [mc] o superficie [mq]	tipo di materiale contenuto nel prodotto o componente*	codice identificativo a sei cifre secondo l'elenco dei rifiuti	distinzione: - inerte - non interte - pericoloso	- riutilizzo - riciclaggio - riempimento - recupero - smaltimento	considerare la gerarchia dei rifiuti e le possibilità di trattamento rifiuti nelle vicinanze	azioni da compiere nel rispetto della sicurezza e relative alle operazioni di demolizione	
							2014/955/UE			2008/98/CE		

Tabella 10.4: template suggerito per l'inventario degli elementi edilizi da eseguire in via opzionale nell'audit pre-demolizione (Commissione Europea, 2018), integrato con i riferimenti normativi, rielaborazione dell'autrice

* nonostante l'inventario degli elementi sia definito opzionale, "va specificato che i materiali degli elementi elencati in questa sezione non possono essere esclusi dall'inventario dei materiali (con l'eccezione di 'reimpiego certo')" (EC, 2018)
** "La misura in cui i materiali possono essere recuperati efficacemente nel processo di demolizione dipende da un ampio spettro di fattori, tra i quali:
- Sicurezza, che può aumentare i costi di progetto;
- Tempo. La demolizione selettiva necessita tempistiche più lunghe di quella tadizionale, dunque costi maggiori. Vanno considerate le soluzioni ottimali relative al potenziale di riciclabilità o riuso.
- Fattibilità economica e acccettazione del mercato. Il costo di rimuovere un elemento (e.g. una tegola di copertura) deve essere compensato dal suo prezzo di vendita, mentre, al tempo stesso, l'elemento reimpiegato dovrebbe essere competitivo e accettato dalla futura utenza.
- Spazio. Quando c'è una limitazione logistica nel sito, la seprarazione del materiali raccolti dovrebbe essere compiuta in una struttura apposita. Limiti spaziali richiedono in modo specifico una buona pianificazione.
- Luogo. Il numero di impianti di riciclaggio nei dintorni del sito di progetto o i servizi di gestione dei rifiuti della filiera locale possono limitare il potenziale recupero di materiali da un progetto di decostruzione.
- Meteo. Alcune tecniche possono dipendere da determinate condizioni metereolocgiche che possono non conincidere con le tempistiche di progetto o cantiere" (EC, 2018)
*** la classificazione degli elementi dovrebbe permettere di distinguere tra le seguenti categorie: pericoloso; non pericoloso e non reimpiegabile; possibile reimpiego; reimpiego parziale.

contenuti minimi

contenuti raccomandati

FASE PROGETTUALE DELLE ATTIVITÀ DI DECOSTRUZIONE E DEMOLIZIONE SELETTIVA

INDAGINE PRELIMINARE

Valutazione della presenza di sostanze estranee e pericolose
identificazione univoca della documentazione
denominazione del progetto di demolizione selettiva
committente per conto del quale il progetto è eseguito e suoi dati
demolizione: soggetto competente che esegue la rilevazione sulla presenza di sostanza pericolose o estranee
precedente uso della struttura
presenza di sostanze pericolose o estranee, che sono conosciute o prevedibili in funzione del precedente utilizzo
controlli preliminari chimico-analitici (se eseguiti) - definizione, descrizione, risultati

Risultati dell'indagine sulla presenza di materiali potenzialmente pericolosi		
	PRESENTE	QUANTITÀ O MASSA
materiale 1	sì -no	num. unità / [t]
materiale 2	...	...
...	...	...

Risultati dell'indagine sulla presenza di elementi che potrebbero ridurre la riciclabilità del materiale da C&D e preferibilmente da avviare singolarmente a recupero		
	PRESENTE	QUANTITÀ O MASSA
materiale 1	sì -no	num. unità / [t]
materiale 2	...	...
...	...	...

PROGETTAZIONE ESECUTIVA DELLA DECOSTRUZIONE

Progetto di demolizione
identificativo univoco dell'opera di demolizione
denominazione del progetto di demolizione
committente per conto del quale il progetto è eseguito e suoi dati
persona competente o esperto autorizzato alla demolizione che ha elaborato il concetto di demolizione
volume dell'edificio per il quale è prevista la demolizione [m^3]
sistema costruttivo dell'involucro, con dettaglio della stratigrafia e dei sistemi di fissaggio dei vari componenti
presenza di impianti di trattamento o conferimento rifiuti nel territorio

Massa stimata delle componenti principali da produrre separatamente	
RIFIUTI DERIVANTI DALLA DEMOLIZIONE	STIMA DELLA MASSA
descrizione [1] e CER [1]	[t]
descrizione [2] e CER [2]	...
...	...

Valutazione delle sostanze inquinanti e contaminanti
è stata eseguita la seguente identificazione di potenziali contaminanti e delle potenziali sostanze estranee (doc. allegata):
◊ valutazione orientativa della presenza di sostanze contaminanti o estranee
◊ valutazione elaborata secondo norma di riferimento

Rimozione delle sostanze estranee e contaminanti
identificativi impiresa incaricata di rimuovere le sostanze estranee e contaminanti prima della demolizione meccanicav
informazioni specifiche per la rimozione di queste sostanze

Demolizione meccanica
la separazione dei componenti principali avviene
◊ direttamente sul posto all'atto della demolizione
◊ successivamente in un impianto di selezione (identificativi)

Tabella 10.5: template suggerito dall'UNI (2020) per riportare i dati raccolti nelle indagini preliminari e gli esiti della demolizione selettiva nell a relazione tecnica finale, rielaborazione dell'autrice

INFO GENERALI

riferimento, data inventario, data sopralluoghi	
documenti allegati all'inventario	
dati cliente	
dati auditor	
informazioni sul fabbricato	
inventario impiegato	
pianificazione delle attività o fasi di progetto	

INVENTARIO DI BASE

ELEMENTI: INFORMAZIONI DI BASE													
IDENTIFICAZIONE ELEMENTO		IMMAGINE	QUANTITÀ		DIMENSIONI		PESO			UBICAZIONE	CONDIZIONI	NOTE
cod.	denominazione	fotografie complessive e di dettaglio	unità	num.	unità	dim.	unità	num.	totale	localizzazione precisa dell'elemento nell'edificio	stato di conservazione dell'elemento	
...	...	..										
...	...	...										
...	...	...										

SCHEDE ELEMENTI - INFORMAZIONIDI DETTAGLIO

ID. ELEMENTO	
cod.	denominazione
...	....

ELEMENTI: INFORMAZIONI DI DETTAGLIO	
IMMAGINI COMPLEMENTARI	ulteriori fotografie del prodotto o componente
ELEMENTO	materiali, prestazioni, finiture, valore o interesse, posizione rispetto a normative vigenti, etc.
CONTESTO	uso che è stato fatto in passato dell'edificio
ASSEMBLAGGIO	sistema smontabile/non smontabile, altre caratteristiche
BENEFICI AMBIENTALI	stima dei vantaggi ambientali ottenibili attraverso il reimpiego
SOSTANZE PERICOLOSE	elemento testato, non contenente sostanza pericolosa / elemento non testato, segnalata potenziale presenza materiale pericoloso / elemento contenente sostanza pericolosa ma reimpiegabile dopo trattamento / elemento non testato, non segnalata potenziale presenza materiale pericoloso
DOCUMENTAZIONE	eventuali documenti tecnici, garanzie, dichiarazioni conformità, etc.
APPLICAZIONI SUGGERITE	esempi di reimpiego di elementi simili

Tabella 10.6: template suggerito da Deweerdt e Merten (2020) nell'ambito del progetto FCRBE per l'inventario del reclamation audit, rielaborazione dell'autrice

10.4. Conclusioni. Potenzialità e limiti degli strumenti esaminati nel contesto del RDP

Al momento di intraprendere un *Reuse Design Project*, un professionista si trova di fronte a varie complessità relative all'implementazione del processo. Da un lato su questa scelta progettuale pesano le incertezze derivanti dai limiti del quadro normativo, esaminate nel capitolo precedente, nonché le loro ricadute in termini di tempistiche, costi, processi di *remanufacturing* e certificazione degli elementi di recupero. Dall'altro, le difficoltà inerenti alla conduzione del procedimento sono facilitate dall'adozione delle metodologie proprie delle indagini pre-demolizione analizzate. Queste ultime, se di concezione istituzionale, si allineano alla prospettiva normativa nel determinare lo status giuridico degli elementi di recupero quali rifiuti. Al contrario, quelle *bottom-up,* come la Guida elaborata nell'ambito di FCRBE, sostengono la necessità di promuovere la specificità delle operazioni di recupero di prodotti e componenti edilizi e di distinguerla dall'audit, tralasciando per questo l'approfondimento delle attività di demolizione selettiva.
Queste circostanze dimostrano come, seppure negli anni più recenti siano stati sviluppati strumenti di varia origine finalizzati alla valorizzazione dei rifiuti da C&D *anche* attraverso il loro reimpiego, diretto o indiretto, manchi ancora una visione univoca sul tema. In particolar modo, la posizione di queste pratiche nel quadro istituzionale appare ancora vincolata da un quadro normativo e di sfumature terminologiche che impedisce di attivare con efficacia processi appartenenti ai *loop* più interni dell'economia circolare.
La condizione di indeterminatezza dello status giuridico degli elementi edilizi di recupero, sospeso tra rifiuto e prodotto, costituisce inoltre un ulteriore fattore che determina il confinamento delle pratiche di reimpiego in un ambito ristretto. Questo emerge dall'analisi del protocollo proposto per il *reclamation audit*, che colloca – logicamente - quest'ultimo tra la fase di rimozione di materiali ed elementi pericolosi e quella di audit pre-demolizione finalizzata alla demolizione selettiva. Tale processo determina una scansione temporale irrevocabile delle operazioni e una separazione delle attività che impediscono la visione integrata delle indagini pre-demolizione, come sarebbe invece auspicabile nell'ipotesi di gestione complessiva di un manufatto edilizio giunto a fine vita. In una prospettiva di *urban mining* quale strategia sostenibile per l'ambiente costruito e di massimizzazione dell'efficacia dei processi circolari, è infatti essenziale impiegare un metodo che integri la visione dei processi, più efficienti, di riuso con quella, inevitabile, del riciclo.

10.5. Bibliografia di capitolo

Altamura P., Baiani S., 2019. Superuse and upcycling through design: approaches and tools. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012014

Benjamin D., Embodied energy and Design. In: id. (ed.) (2017), *Embodied energy and design. Making architecture between metrics and narratives*, pp. 13-24. New York: Columbia University GSAPP/Lars Müller Publishers

Brown T., 2009. Change by design: how design thinking transforms organizations and inspires innovation. New York: Harper Business

Commissione Europea, 2014. Decisione 2014/955/UE della Commissione del 18 dicembre 2014 che modifica la decisione 2000/532/CE relativa all'elenco dei rifiuti ai sensi della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

Commissione Europea, 2016. EU Construction & Demolition Waste Management Protocol. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs

Commissione Europea, 2018. Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.

Deweerdt M. (BBRI), Mertens M. (Brussels Environment), 2020. A guide for identifying the reuse potential of construction products. Working draft version, 29 March 2020. Manual produced as part of the project Interreg NWE 739: Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements (FCRBE), October 2018-January 2022. https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe [09.2020]

Geerts G., Ghyoot M., Naval S (Rotor), 2020. A guide for facilitating the integration of reclaimed building materials in large-scale projects and public tenders. Working Draft version, 26 March 2020. Manual produced as part of the project Interreg NWE 739: Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements (FCRBE), October 2018-January 2022. https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe [09.2020]

Lacaton A., 2020. Make do. In: Ruby I., Ruby A., (eds.), *The Materials Book*, pp. 9-24. Berlin: Ruby Press

Parlamento Europeo, 2018. Direttiva UE 2018/851 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti.

Rowe Peter G., 1987. Design Thinking. Cambridge: The MIT Press

UNI, 2020. Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare. Prassi di Riferimento UNI/PdR 75:2020. http://store.uni.com/catalogo/uni-pdr-75-2020 [08.2020]



PARTE IV - ANALISI DEI RISULTATI E OUTPUT DELLA RICERCA



11. L'apporto dei processi di riuso al progetto sostenibile di architettura

Come possiamo trasferire il valore di eredità culturale attraverso i componenti [edilizi] e non solo per mezzo dell'intero edificio? (Gorgolewski, 2018)

11.1. Contestualizzazione degli esiti dell'indagine

La corrente (e impellente) necessità di limitare le esternalità del settore delle costruzioni induce la ricerca contemporanea che si interroga sulla sostenibilità del riuso di elementi edilizi ad affrontare questo tema concentrandosi sugli impatti ambientali. Tali circostanze promuovono indagini principalmente votate alla conduzione di analisi LCA e volte al confronto tra alternative da adottare nella fase di fine vita degli edifici, nelle quali le ipotesi di riuso – considerato quale processo di gestione dei rifiuti, per via del *bias* normativo – sono raffrontate con quelle di riciclo o di altri trattamenti. In questo scenario spiccano per differente approccio alcuni progetti di ricerca, come quelli esaminati nel paragrafo 5.3. Queste attività dal taglio fortemente applicativo adottano i principi circolari dei *loop* più interni con una maggior dose di fiducia nei molteplici benefici che essi possono comportare. Analoghe considerazioni possono essere fatte esaminando l'operato dei *practitioner* europei contemporanei che promuovono soluzioni circolari alternative al riciclo, o ad altri processi di gestione in linea teorica meno convenienti del reimpiego, sulla scorta dell'individuazione di un "valore di risorsa" nel prodotto o componente integro.

Spesso, come emerge dall'analisi critico-interpretativa dei casi studio del paragrafo 8.3, questo approccio si fonda su motivazioni di tipo ambientale, mirando a raggiungere dei benefici attraverso il prolungamento della vita utile degli elementi e la preservazione degli impatti già incorporati in essi, evitando in tal modo quelli originati dalla nuova produzione. Tuttavia, ricerca e pratica architettonica condividono l'associazione del concetto di riuso a tematiche di tipo etico, sociale o culturale. Ciò suggerisce che i processi di reimpiego possono contribuire in modo trasversale a un'architettura e a un ambiente urbano più sostenibili in misura maggiore rispetto a quanto prodotto dall'adozione di processi di riciclo. Tra questi contributi, la lettura dello stato dell'arte indica che la preservazione della cultura materiale è un tema che assume importanza tra gli attori del settore.

Determinare il livello di sostenibilità di un processo si presenta obbligatoriamente come una operazione di tipo interpretativo. Questo approccio trova conferma nella prospettiva emersa dalle indagini effettuate nel capitolo 4, relativo all'analisi del ciclo di vita dei prodotti e al ruolo che le strategie di riuso di elementi rivestono all'interno dei principali protocolli utilizzati per determinare la sostenibilità ambientale in edilizia. Anche i risultati dei più rigorosi studi condotti attraverso

pagine 332 e 334: Rivenditore di elementi edilizi di seconda mano, Noto, agosto 2020 (Massimiliano Condotta)

un LCA dipendono in modo stretto da due parametri: la definizione dei confini del sistema e l'interpretazione che viene effettuata degli esiti ottenuti. Per tali ragioni, a fini di coerenza, lo scopo e il target dell'analisi del ciclo di vita devono essere esplicitati sin dall'avvio del procedimento e dettano condizioni vincolanti per tutti i successivi *step*. Allo stesso modo, i crediti che un progetto architettonico può guadagnare secondo un protocollo di valutazione della sostenibilità ambientale dipendono da requisiti che, a seconda del protocollo scelto, sono più o meno stringenti, richiedono percentuali più o meno elevate cui ottemperare, approfondiscono un aspetto piuttosto di un altro.
Naturalmente, se la sostenibilità di un progetto architettonico va intesa in relazione al consumo di risorse che esso richiede in tutte le fasi del ciclo di vita, il processo deve essere guidato da considerazioni in termini di contesto climatico e geografico, prestazioni energetiche, materiali impiegati e loro approvvigionamento, gestione del fine vita. Se questo approccio può rassicurare la coscienza del progettista, non consente tuttavia di sapere in modo oggettivo *quanto* l'edificio sia sostenibile dal punto di vista ambientale, ambito nel quale, paradossalmente, gli impatti sono stimabili, classificabili, dunque più facilmente mitigabili. Considerando che tali incertezze si producono nelle circostanze in cui si prendono in esame dei fattori quantificabili, seppure non assoluti, determinare il livello di sostenibilità sociale, economico o culturale di un processo architettonico appare ancora più difficoltoso.
Queste premesse hanno fortemente condizionato due delle *research question* che hanno guidato l'indagine. Nel quadro degli obbiettivi generali della ricerca, che si propongono di verificare l'idoneità delle strategie di riuso nella gestione sostenibile del patrimonio edilizio contemporaneo, è infatti necessario esaminare la capacità dei processi di reimpiego di contribuire a una sostenibilità trasversale, non confinata esclusivamente all'ambito ambientale. La prima *research question*, **RQ (i)**, si è interrogata sulla potenzialità dei processi di riuso di produrre ricadute positive attraverso la loro implementazione nel settore edilizio, esplorando anche il dominio economico, sociale e culturale. Di questo quadro generale, la seconda *research question*, **RQ (ii)**, ha invece approfondito la dimensione relativa preservazione della cultura materiale, al fine di verificare se essa sia una ragione presente nella pratica architettonica contemporanea orientata al reimpiego.
Come esposto, una quantificazione della sostenibilità può, in questi termini, essere condotta solamente attraverso una cornice interpretativa delineata sulla base dello stato dell'arte e non ha la pretesa di acquisire un valore assoluto. Nello specifico della ricerca, per ciascuno dei metodi qualitativi adottati nelle RQ (i) e (ii), essa non viene misurata in rapporto a un *range* di valori, né acquista un peso ponderato in base ai parametri impiegati, come sarà dettagliato nei successivi capitoli.

11.2. Interpretazione dei risultati emersi

11.2.1. Una sostenibilità trasversale

Allo scopo di determinare l'effettivo contributo trasversale ai macro-ambiti della sostenibilità prodotto dai processi di reimpiego, il procedimento volto a raggiungere l'**OS (i)** si è avvalso di due tipi differenti di cornici interpretative, determinate sulla base dei temi emersi nello stato dell'arte. La prima di esse, di tipo "istituzionale", è costituita dai *goal* e *target* degli Obbiettivi per lo Sviluppo Sostenibile e riunisce una molteplicità di prospettive sul concetto di sostenibilità, dimostrandosi dunque adeguata a fornire uno scenario complessivo entro il quale esaminare i vantaggi di natura trasversale. All'interno di questo quadro sono stati

identificati i benefici che l'implementazione dei processi di reimpiego di prodotti e componenti edilizi può produrre, evidenziando quali differenze intercorrono nel caso si esaminino, con lo stesso approccio, i processi di riciclo. La seconda cornice ha affrontato il medesimo tema partendo però dalle posizioni della ricerca contemporanea, sia accademica che prodotta dai *practitioner*. I vantaggi da queste individuati in merito alle strategie di reimpiego sono stati ordinati e sistematizzati all'interno di un quadro generale, al fine di verificare se offrano riscontro alla medesima trasversalità identificata dagli SDGs.

Dal primo metodo di indagine emergono numerosi vantaggi, interrelati tra loro e trasversali alle quattro macro-sfere della sostenibilità: economico-produttiva, sociale, culturale e dell'ambiente (sia naturale che urbano). La creazione e il rafforzamento della filiera del riuso permetterebbero infatti di promuovere imprenditorialità locale e innovazione nel settore edilizio, in particolar modo in termini di efficienza nella gestione delle risorse e di sostenibilità delle industrie, favorendo al contempo l'occupazione, la necessità di nuove figure professionali e lo sviluppo di competenze. La preservazione dell'integrità dei prodotti e componenti edilizi consente inoltre di limitare la quantità di rifiuti da C&D, favorendo il metabolismo materiale interno ai centri urbani secondo modelli sostenibili e valorizzando le risorse esistenti, una prospettiva che permette di conservare il valore culturale degli elementi e di favorire la qualità della vita nell'ambiente urbano. Se considerati negli stessi termini, i processi di riciclo non consentono ricadute positive di tale entità in nessuno dei macro-ambiti esaminati, a causa di caratteristiche della filiera, tendenza al *downcycling* e distruzione dell'integrità formale degli elementi edilizi.

Questo scenario, di tipo prettamente teorico e istituzionale, trova conferma nelle posizioni assunte dalla ricerca, sia accademica che dei *practitioner*, avvalorate dal taglio pratico delle indagini condotte sul tema. Tali punti di vista permettono infatti di rilevare, attraverso uno sguardo orientato alle applicazioni nel settore edilizio e nella gestione dell'ambiente costruito, molteplici ricadute positive dettate dall'implementazione del reimpiego, riconducibili alle medesime quattro macro-sfere della sostenibilità.

Questi risultati determinano come il reimpiego costituisca non solo un processo sostenibile a livello ambientale, ove la sua applicazione dimostra una convenienza superiore a quella del riciclo, ma come questa stessa convenienza riguardi in modo trasversale anche i domini economico, sociale e culturale. Si tratta di un esito che acquista rilevanza in prospettiva della gestione di un patrimonio edilizio contemporaneo europeo che necessiterà in futuro alternative più efficaci, dal punto di vista ecologico, di generalizzati interventi di demolizione selettiva. Ciò contribuirebbe inoltre ad attivare dei processi metabolici connessi alla dimensione locale e volti a incrementare la sostenibilità dell'ambiente costruito in termini di preservazione della cultura materiale e di qualità della vita degli abitanti delle aree urbane.

In tale scenario è possibile rispondere in modo positivo alla RQ (i):
l'implementazione del riuso in architettura contribuisce a ottenere ricadute più ampie di quanto non faccia il riciclo, non solo in termini ambientali, ma nell'ottica di una sostenibilità in chiave trasversale.

11.2.2. Motivazioni contemporanee: "oltre il puro valore materiale"

La prospettiva emergente dalle indagini condotte per raggiungere l'OS (i), focalizzata sul tema dei benefici e, dunque, sulle conseguenze indotte dai processi di reimpiego, porta a domandarsi quali siano le ragioni che motivano i professionisti ad adottare questo approccio, nonché se esse comprendano alcune delle tematiche individuate per rispondere alla RQ (i). Ciò vale in particolar modo per il tema del valore culturale identificato negli elementi di riuso che, come suggerito dalla lettura critica dello stato dell'arte, è considerato dai *practitioner* motivo sufficiente per determinarne la preservazione e il riuso. A tale scopo, per raggiungere l'**OS (ii)** sono stati adottati due metodi differenti e complementari.

Il primo di questi consiste in una analisi critico-interpretativa di venti casi studio. L'indagine ha compiuto una lettura di ciascun caso studio finalizzata a determinare la presenza, alla base della scelta progettuale, di una o più tra quattro possibili ragioni: sociale-etica, di espressione formale, ambientale, culturale.

Il secondo metodo è costituito dalla conduzione di interviste semi-strutturate ad alcuni dei professionisti contemporanei attivi nel contesto europeo. Tali incontri sono stati preparati allo scopo di verificare le motivazioni che spingono gli attori intervistati a operare queste strategie e, in particolar modo, di comprendere quale rilevanza rivesta per essi la ragione culturale. Ciò ha inoltre consentito di ottenere ulteriori informazioni sul ruolo che ciascuna società, collettivo o studio di progettazione possiede all'interno delle dinamiche che caratterizzano i processi di riuso nello specifico contesto in cui opera.

Nel caso del primo metodo di indagine, il campione di casi studio preso in esame, composto da realizzazioni risalenti all'ultimo ventennio, è caratterizzato da una considerevole eterogeneità sulla base di diversi parametri:

a. destinazione d'uso: urbano/di esterni, residenziale, commerciale/direzionale e culturale/istituzionale;
b. ubicazione: europea in 13 casi ed extra-europea in 7 (Australia, Cina, Giappone, India, Stati Uniti);
c. approccio e finalità dei progettisti;
d. provenienza degli elementi di reimpiego dal settore edilizio o da settori terzi;
e. mantenimento o meno della funzione precedente per l'elemento;
f. adozione o meno dei principi del *Design for Disassembly* nella realizzazione del nuovo edificio.

La schedatura non ha inteso individuare dei tratti in comune tra i casi studio esaminati per dare una rappresentazione sintetica della emergente diversità di espressioni progettuali. Al contrario, si è avvalsa di questa eterogeneità per individuare quali declinazioni possano assumere le ragioni alla base dell'approccio progettuale orientato al riuso di elementi.

Tab. 11.1. Sintesi della schedatura sintetica operata nel capitolo 8 in merito alle ragioni che motivano i progettisti contemporanei a far uso di elementi di reimpiego in architettura.

		CASI STUDIO ESAMINATI																			
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MOTIVI RIUSO	i) sociale-etico		•										•		•		•		•	•	
	ii) espressione formale	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•				•	•
	iii) ambientale	•		•	•		•	•		•	•		•	•	•		•	•	•	•	•
	iv) culturale					•	•		•	•			•	•		•	•	•		•	•

Come espresso nella premessa del presente capitolo, non si tratta di una valutazione di tipo quantitativo sulla base dei quattro parametri selezionati, ma

del solo riconoscimento della presenza di uno o più di essi nel *concept* progettuale. Tale analisi critico-interpretativa ha permesso di ottenere una visione di insieme, illustrata dalla tabella 11.1.

Appare evidente che le motivazioni sono spesso compresenti. Come prevedibile, le potenzialità di tipo formale riconosciute negli elementi di reimpiego sono la ragione maggiormente condivisa dai progettisti e, d'altronde, non potrebbe essere altrimenti. Alla valutazione positiva dei fattori estetici ed espressivi si associano spesso anche altre ragioni che consentono l'individuazione del "valore di risorsa" negli elementi riusati. In particolar modo tra esse si registra quella ambientale, anch'essa una motivazione di nature prevedibile, insieme a quella di tipo culturale. Gli esiti della schedatura permettono quindi di dare conferma alle ipotesi della ricerca emerse dalla lettura critica della cornice teorica e di stato dell'arte, relative all'esistenza di molteplici motivazioni che inducono i progettisti a reimpiegare prodotti e componenti nelle loro nuove realizzazioni. In particolar modo, la lettura compiuta ha permesso di registrare come in più del 50% dei casi gli architetti operano anche in virtù di una dimensione culturale.

In merito al secondo metodo di indagine, la conduzione delle tre interviste è stata organizzata in modo da dare rilevanza al punto di vista e all'opinione personale dei *practitioner* coinvolti. Questo ha permesso di restituire la prospettiva propria della società, collettivo o studio "dall'interno" e di compiere una lettura degli eventi e delle circostanze che ciascuno di essi sperimenta sulla base dalle dinamiche locali del reimpiego e dello specifico mercato. La scelta di adottare un metodo di intervista semi-strutturato ha comportato, in alcuni casi, che non fosse posta in modo diretto l'interrogativo di ricerca, coincidente con la RQ (ii). Ciò nonostante, in quelle circostanze, alla domanda è stato comunque risposto dagli intervistati in modo indiretto ed è possibile affermare che tutti e tre gli attori abbiano dato riscontro in modo positivo all'interrogativo della ricerca. Si può infatti riconoscere, indipendentemente dal fatto che si tratti di attività di decostruzione, consulenza o progettazione, come in parallelo a una tematica di tipo ambientale gli intervistati riconoscano dei legami culturali forti tra gli elementi di riuso utilizzati e il contesto locale. Quest'ultimo va inteso nelle sue dimensioni architettonica e culturale, nonché quale prodotto delle dinamiche economiche. Sono infatti questi tre fattori a determinare in modo congiunto quali siano i flussi di prodotti o componenti che vengono intercettati prima della demolizione, così da poter studiare per essi una nuova applicazione. Tale decisione viene presa dai progettisti anche sulla base della valenza culturale che la conversione a un nuovo uso di questi elementi acquisisce, poiché in questa attività essi identificano un valore di preservazione culturale.

Gli esiti delle indagini condotte nel capitolo 8 consentono di coniugare una prospettiva "esterna" in merito all'operato dei *practitioner* contemporanei a quella "soggettiva" di alcuni di essi. I due punti di vista concordano nell'individuare delle motivazioni di vario tipo (etico-sociale, espressione formale, ambientale, culturale) che inducono i progettisti ad adottare strategie di reimpiego di elementi. Un aspetto importante è quello che vede spesso compresenti più di una ragione alla base della scelta progettuale, dimostrando come ben di rado questa sia dovuta a considerazioni esclusivamente formali. Va inoltre segnalato come la componente di tipo ambientale, della quale era possibile aspettarsi un'ampia diffusione, sebbene ricorra in molti casi non si presenti mai in modo isolato quale unico incentivo all'adozione di elementi di riuso. Se, a seguito dell'analisi critico-interpretativa dei casi studio, la dimensione relativa alla preservazione culturale è

emersa in più della metà di essi, la sua importanza nel determinare l'approccio al reimpiego di elementi edilizi è ribadita dalle interviste condotte ai professionisti contemporanei.
È quindi possibile rispondere positivamente alla RQ (ii): *il reimpiego di elementi edilizi in architettura è considerato, da chi lo pratica al giorno d'oggi, uno strumento di preservazione della cultura materiale.*

11.2.3. Significato dei risultati in relazione agli obbiettivi specifici e ai proposti della tesi

Il conseguimento degli OS (i) e (ii) attraverso i riscontri alle *research question* permette di inscrivere le pratiche di reimpiego in edilizia nel perimetro delle azioni che contribuiscono a una sostenibilità di tipo trasversale. Seppure avviate all'interno del settore delle costruzioni, infatti, le ricadute che esse generano vanno a investire non solo la sfera ambientale, ma anche quelle sociale, produttivo-economica e culturale. In particolar modo, la presenza di quest'ultima dimensione nella scelta di preservazione di un elemento edilizio rappresenta un modo di conservare il capitale artificiale nella sua duplice valenza da un lato di risorsa, inteso in termini ecologici, e dall'altro di prodotto della cultura materiale.
Tali circostanze si pongono a sostegno di una pratica architettonica finalizzata al reimpiego di prodotti e componenti, soprattutto nella prospettiva di una gestione sostenibile dell'ambiente costruito. Le aree urbane non solo divengono, attraverso lo *urban mining*, luogo di applicazione di dinamiche metaboliche efficienti a livello ambientale, bensì, per mezzo di queste strategie, esse conservano all'interno del loro perimetro le tracce dei periodi storici precedenti, sedimentandole. Come nota Lewis Mumford (2007), "il fatto materiale della conservazione fa che il tempo sfidi il tempo, il tempo si opponga al tempo: abitudini e valutazioni si tramandino oltre i vivi del momento, imprimendo il segno delle successive stratificazioni temporali ad ogni singola generazione". Se si considera che

> nelle città il tempo diventa visibile: edifici, monumenti, strade pubbliche sono più evidenti che le memorie scritte (Mumford, 2007)

appare evidente come le strategie di riuso di elementi in architettura acquistino un duplice valore, culturale ed ambientale.
In merito a quest'ultimo, l'attuale necessità di imporre una drastica riduzione alla produzione di rifiuti di C&D, unita all'insufficiente efficacia dei processi di riciclaggio di fronte a un volume di produzione in costante aumento, richiede alternative alle attività convenzionalmente impiegate per gestire il fine vita del patrimonio edilizio contemporaneo. La recente promozione di indirizzi per la demolizione selettiva dei fabbricati che sempre più si dimostrano compatibili con processi di decostruzione getta le basi per l'implementazione delle strategie di riuso a scala urbana. La potenziale diffusione di questo approccio delinea un ambiente urbano il cui linguaggio futuro sarebbe paradossalmente legato al costruito locale sedimentato nel tempo, rappresentando dal punto di vista formale una vera e propria incognita.

> Quale sorta di nuovo vernacolare urbano potrebbe emergere se si adottassero materiali e componenti precedentemente usati, recuperati dal contesto locale e che non necessitano grosse quantità di energia e altre risorse primarie? (Gorgolewski, 2018)

Tuttavia, questa (ri-)definizione dell'ambiente costruito non richiede esclusivamente che siano a disposizione solamente le risorse e gli strumenti necessari per gestire il processo, bensì anche l'adozione di un approccio idoneo per attivarlo da parte del progettista[1].

11.3. Bibliografia di capitolo

Gorgolewski M., 2018. Resource salvation: the architecture of reuse. Hoboken (US): Johns Wiley & Sons.

Mumford L., 2007. Introduzione. In: id., *La cultura delle città*. Torino: Einaudi

1 - Si veda il paragrafo 14.1 "Progettare per il riuso, dal *bricoleur* allo *strategic thinker*".

12. Incentivare le strategie di riuso per la gestione del costruito: indirizzi di azione

> *Il reimpiego comporta [l'adozione di] pratiche che richiedono una buona facoltà di adattamento di fronte a circostanze fluttuanti e imprevedibili [e] non deve pertanto essere relegato a una sorta di bricolage perpetuo, sempre in ritardo in relazione a un processo produttivo ottimizzato e standardizzato (Ghyoot et al., 2018).*

12.1. Contestualizzazione degli esiti dell'indagine

I recenti indirizzi promossi dalle politiche e dalle linee guida europee in termini di circolarità, esaminati nel capitolo 3, sostengono la diffusione di questa strategia all'interno del settore edilizio, evidenziando i molteplici benefici che sarebbe in grado di garantire dal punto di vista ambientale. La crescente attenzione nei confronti degli impatti prodotti dalle costruzioni nell'arco dell'intero ciclo di vita suscita infatti un rinnovato interesse nei confronti delle esternalità connesse alle fasi precedenti e successive a quella d'uso, la quale rappresenta, nella maggior parte dei casi, quella più energivora. In tale contesto, gli impatti prodotti dalla gestione delle risorse materiali nelle costruzioni divengono una tematica di interesse prioritario. Ciò non concerne esclusivamente il consumo materiale che funge da input e la gestione dei rifiuti che costituiscono il flusso di output, ma anche gli effetti connessi a queste dinamiche in termini di emissioni.
Tale contesto apre una prospettiva incoraggiante per la diffusione dei processi di riuso all'interno del settore delle costruzioni quali strategia in grado di prolungare la vita utile dei prodotti e componenti nel tempo. Ciò nonostante, l'attuazione delle pratiche di reimpiego si scontra con molteplici ostacoli riconducibili a due macro-sfere: quella normativa, le cui incertezze generano notevoli ripercussioni sul mercato, e quella di processo, poiché il reimpiego fatica a trovare spazio all'interno delle diverse tradizioni progettuali e costruttive consolidate. Di fronte all'incoraggiante, ma attualmente ancora insufficiente, supporto istituzionale relativo al tema, l'approccio *bottom-up* dei *practitioner* e ricercatori attivi sul campo si incarica di suggerire metodologie e sviluppare strumenti, inizialmente elaborati per supplire alle proprie e contingenti necessità operative, in seguito perfezionati per operare a una scala maggiore. Tale apporto, essenziale anche perché caratterizzato dall'adozione di un punto di vista fortemente esecutivo e pragmatico, non permette tuttavia alle pratiche di reimpiego di acquisire una più ampia dimensione. Le presenti incertezze di tipo normativo e le difficoltà di sviluppo della filiera presentano infatti degli ostacoli che vanno necessariamente superati attraverso azioni a livello politico, orientate a incoraggiare l'efficacia di queste pratiche – nella pratica.
Il quadro brevemente delineato permette di individuare le ricadute di queste difficoltà a due scale differenti. Da un lato vi è la scala edilizia, relativa all'edificio da decostruire o da realizzare con prodotti e componenti di seconda mano. In questo frangente si dimostra essenziale la determinazione del progettista, il quale si prende carico della gestione complessiva del progetto di decostruzione, o integrazione, sulla base degli elementi di interesse identificati con l'*auditor*,

individuando inoltre le soluzioni alle problematiche che emergono in termini di certificazione delle prestazioni dei prodotti e componenti di reimpiego. Dall'altro lato si colloca la scala urbana, alla quale possono essere attivati dei fruttuosi processi circolari di *mining*. Se l'approvvigionamento da essi consentito gode, in linea teorica, di una vasta ed eterogenea riserva di elementi di riuso, ciò non si traduce automaticamente in realtà. La mancanza di una prassi consolidata di decostruzione, volta a massimizzare il reimpiego prima del riciclo, comporta delle lacune di tipo informativo circa gli stock che si "liberano" all'interno dell'area urbana, inficiando la gestione coordinata e circolare dei flussi di materiale disponibili.
All'interno di tale cornice hanno preso corpo le due *research question* mirate ad approfondire il tema del reimpiego di elementi con uno sguardo volto all'attuazione di questi processi. Nella prospettiva delineata dai propositi generali della ricerca, intesi a esplorare scenari applicativi di riuso di prodotti e componenti per la gestione del costruito esistente, appare essenziale verificare come queste strategie si collochino in relazione al mercato e alle dinamiche del settore delle costruzioni contemporanei. La *research question* **RQ (iii)** indaga la possibilità di individuare le barriere esistenti al riuso di elementi edilizi partendo da una analisi di tipo normativo, per identificare e sistematizzare le ricadute di questa cornice sulle problematiche pregresse della filiera. Approfondendo le dinamiche progettuali proprie dei processi di riuso, la *research question* **RQ (iv)** ne analizza le caratteristiche ed esamina gli attuali strumenti di supporto, allo scopo di definire se la adozione sistematica di questi ultimi permetta di incrementare l'efficacia delle strategie di reimpiego nel governare l'ambiente costruito.
Questa sezione della ricerca ha inteso fornire un quadro completo delle potenzialità dei processi di riuso di elementi edilizi e degli ostacoli esistenti alla loro implementazione, permettendo in tal modo di delineare alcuni suggerimenti volti a ridurre queste barriere sia a livello normativo che di attuazione alla scala urbana.

12.2. Interpretazione dei risultati emersi e output

12.2.1. Limitazione delle incertezze normative e delle loro ricadute

Allo scopo di fornire un quadro sistematizzato delle ripercussioni delle incertezze normative sulle difficoltà pregresse della filiera del riuso, che ne penalizzano la competitività all'interno del settore edilizio, il raggiungimento dell'**OS (iii)** ha impiegato un metodo sviluppato in due fasi.
La prima fase ha preso avvio dalla cornice normativa europea analizzata nel paragrafo 3.3, la quale evidenzia come le diverse sfere giuridiche cui i prodotti e componenti di reimpiego sono soggetti non permettano di avere chiarezza sulla definizione dello status degli elementi, circostanza che non facilita la diffusione di queste pratiche. Questa indagine, attraverso l'individuazione e analisi delle "zone grigie" normative esistenti, ha identificato nel mercato e nella certificazione degli elementi gli ambiti in cui si generano le principali ricadute.
La seconda fase si è invece occupata di esaminare i risultati emersi nella prima in una prospettiva di implementazione dei processi di riuso nel settore edilizio contemporaneo. In tale contesto, al fine di sistematizzare le incertezze di tipo giuridico e normativo e di comprendere come la scarsa chiarezza di regolamenti e normative si ripercuota sulle difficoltà pregresse, aggravandole, è stato costruito un quadro relativo alle problematiche connaturate alla filiera del riuso, basato su

un'analisi della letteratura.
L'esame normativo, prima fase, muove dai due riferimenti principali cui gli elementi di reimpiego sono soggetti: la Direttiva quadro sui rifiuti (Parlamento Europeo, 2008) e il Regolamento per i Prodotti da Costruzione (Parlamento Europeo, 2011). Nonostante le recenti linee guida e i protocolli pubblicati dalla Commissione Europea forniscano degli indirizzi in termini di circolarità, la cornice legislativa non si presenta similmente aggiornata. La prima incertezza è rappresentata dalla dicotomia rifiuto/prodotto che caratterizza gli elementi di riuso, in particolar modo se soggetti a *remanufacturing*, la quale, unita alla mancanza di riferimenti in termini di criteri *End of Waste*, dà luogo a un limbo normativo per questi elementi. Tali circostanze, aggravate dalla mancanza di riferimenti per i prodotti e componenti di reimpiego nell'ambito del CPR e della marcatura CE, dipingono delle condizioni non chiare in merito ai temi di commercializzazione e certificazioni tecniche.
La seconda indagine, condotta esaminando in modo trasversale le ricadute in ambito di processo, di settore e di mercato, contestualizza l'indeterminatezza giuridica all'interno delle difficoltà che in forma pregressa contraddistinguono la sfera del riuso di elementi edilizi. Queste possono essere riassunte in ambiti di vario genere: i) tempistiche necessarie; ii) decostruzione; iii) fattibilità economica; iv) logistica; v) certificazioni e vi) utenza finale, come emerso nel capitolo 9. In tale contesto, le incertezze normative concorrono ad aggravare indirettamente quattro di questi aspetti, come sintetizzato dalla successiva tabella 12.1.

Ambiti costituenti ostacoli pregressi al riuso di elementi edilizi	Ripercussioni sulle problematiche pregresse dettate dai vuoti e dalle incertezze normativi
(i) tempistiche necessarie (Commissione Europea, 2018; Gorgolewski, 2018)	ulteriore dilatazione dei tempi dovuti alle procedure per la certificazione degli elementi, sia essa tecnica o commerciale attraverso un EAD.
(ii) decostruzione (Debacker e Manshoven, 2016; Kozminska, 2019)	-
(iii) Fattibilità economica (Commissione Europea, 2018; Debacker e Manshoven, 2016; Ghyoot et al., 2018; Giorgi et al., 2019; Gorgolewski, 2018)	aumento del costo finale degli elementi di reimpiego dovuto al costo della manodopera e delle attività di *remanufacturing*; ulteriori spese dovute a tecnici e prove di terze parti, costi delle certificazioni
(iv) logistica (Commissione Europea, 2018; Debacker e Manshoven, 2016; Ghyoot et al., 2018)	-
(v) certificazioni (Debacker e Manshoven, 2016; Gorgolewski, 2018; Nordby, 2019)	ulteriore incertezza dettata dalla mancanza di regolamenti sul reimpiego e sulla successiva commercializzazione degli elementi
(vi) utenza finale (Commissione Europea, 2018; Gorgolewski, 2018; Kozminska, 2019)	pregiudizio in termini della qualità di "seconda mano" alimentato dalla mancanza di standard sui materiali ed elementi di reimpiego

Tab. 12.1. Sintesi degli esiti del capitolo 9

Perfezionare la cornice normativa relativa agli elementi di reimpiego nel settore delle costruzioni è cruciale per supportare pienamente le politiche circolari europee. Allo scopo di promuovere il riuso di prodotti e componenti sono dunque necessarie azioni a livello di *policy*, le quali consentirebbero di affrontare le criticità individuate e incoraggiare lo *urban mining*. È possibile suggerire in questo senso alcune iniziative, di natura trasversale, da intraprendere:

a. una maggior precisione nella distinzione tra i processi di "prevenzione" e quelli di "preparazione per il riuso" permetterebbe che i prodotti e componenti recuperati non cadessero nella sfera di competenza dei rifiuti. Ciò consentirebbe una riduzione dei costi dovuti alle certificazioni da affrontare, nonché delle

relative tempistiche, una circostanza che si ripercuoterebbe lungo tutta la filiera, fino ai distributori e al prezzo finale sostenuto dagli utenti. Inoltre, evitare che un elemento reimpiegabile sia soggetto al regime dei rifiuti, anche solo in via temporanea, non alimenterebbe la percezione negativa da parte degli utenti;

b. la definizione di criteri *End Of Waste* per i prodotti di reimpiego permetterebbe di determinare quale sia l'entità delle lavorazioni che costituiscono *remanufacturing*, consentendo in tal modo di distinguere le circostanze in cui un elemento è considerato rifiuto da quelle nelle quali resta invece tale;

c. rendere obbligatori gli audit pre-demolizione e le linee guida relative alla successiva gestione dei rifiuti, a partire dal settore degli appalti pubblici, incoraggerebbe gli attori del processo edilizio ad adottare un approccio più attento in termini ambientali, privilegiando le strategie di riuso a quelle di riciclo. Nel quadro di un chiarimento dello status giuridico dei prodotti, ciò permetterebbe anche di ridurre le tempistiche del processo e, conseguentemente, i costi;

d. un chiarimento in relazione al ruolo delle tre variabili di proprietà, funzione e grado di *remanufacturing* permetterebbe un più facile reimpiego degli elementi secondo il principio dell'uso a cascata (Ghyoot et al., 2018) e la promozione di una gestione efficiente delle risorse;

e. l'inserimento di specifiche inerenti agli elementi edilizi di reimpiego all'interno del CPR consentirebbe di distinguere tra la necessità o meno del marchio CE per essi, permettendo di evitare i costi e il ritardo sui tempi a esso collegati. La pubblicazione di linee guida a livello europeo che delineassero i procedimenti da adottare per gli elementi di reimpiego sarebbe di notevole aiuto per i *practitioner*.

Nessuna delle azioni suggerite si rivelerà comunque pienamente efficace fino al momento in cui gli Stati Membri non adotteranno politiche che scoraggiano il conferimento in discarica e il prelievo di materie prime. In molte aree europee l'estrazione di risorse non include i relativi costi ambientali (Legambiente, 2017) mentre, per contro, la discarica rappresenta ancora in molti casi l'opzione più economica per il trattamento dei rifiuti. Un regime fiscale che disincentivasse queste opzioni, unito a delle premialità per il riuso, incoraggerebbe i processi circolari dato che "i modelli di tassazione per il conferimento in discarica incoraggiano i produttori di rifiuti a dare priorità a riduzione, riuso e riciclo (…) che permettono di ridurre i costi" (Lopez Ruiz et al., 2020).

L'identificazione di questi suggerimenti risponde alla RQ (iii), in merito all' *individuazione delle barriere normative esistenti che costringono le pratiche di reimpiego a una dimensione di nicchia e alla loro sistematizzazione al fine di suggerire degli interventi che contribuiscano a ridimensionare questi ostacoli.*

12.2.2. Strumenti integrativi per le strategie di urban mining

Allo scopo di determinare quali benefici potrebbe indurre l'attivazione a scala urbana delle strategie di riuso attraverso l'impiego di specifici strumenti di supporto, l'indagine volta a raggiungere l'**OS (iv)** ha adottato due metodi differenti e complementari.

Il primo di questi compie un'indagine relativa all'implementazione dei processi di riuso, introducendo il concetto di *Reuse Design Project* (RDP) e definendolo quale "processo progettuale che, a partire dalla formulazione del *concept* di un nuovo edificio fino alla sua costruzione, prevede, studia e compie l'integrazione nello stesso di prodotti e componenti edilizi, derivanti da altre costruzioni, che il progettista individua e ritiene adeguati al progetto". Tale analisi ha identificato due condizioni diverse nelle quali il RDP può prendere forma, l'*on-site* e lo *urban mining*, illustrando i due processi nelle varie fasi che li costituiscono ed evidenziando il ruolo degli attori coinvolti.

Il secondo metodo, alla luce del quadro relativo all'implementazione dell'RDP, consiste in una analisi comparativa di tre metodologie esistenti per l'audit pre-demolizione, al fine di esaminare quali siano gli esiti facilitati dai diversi approcci nella prospettiva di massimizzazione del reimpiego di elementi edilizi.

Il processo progettuale orientato al riuso di prodotti e componenti, descritto nel capitolo 10, presenta delle caratteristiche ben distinte rispetto a quello convenzionale, a partire dalla natura iterativa dettata dal forte condizionamento che gli elementi a disposizione esercitano sulle decisioni progettuali. Il progettista assume un ruolo fondamentale nel coordinare tutte le figure coinvolte e le fasi di progetto, le quali si articolano secondo una scansione che dal *concept* passa per decostruzione e *remanufacturing* prima di attuare l'effettivo reimpiego. Se questi processi avvengono a scala di *urban mining*, sono caratterizzati dall'incertezza informativa in merito ai flussi di materiale recuperabili e da una difficile gestione delle tempistiche, sulle quali pesano inoltre le incertezze dettate dalla cornice normativa (emerse nel capitolo 9).

Tali circostanze dimostrano come gli audit pre-demolizione rappresentino uno strumento fondamentale per massimizzare il reimpiego e supportare il passaggio dalla demolizione selettiva alla decostruzione.

La seconda indagine ha analizzato tre strumenti recenti ideati per operare una più efficiente gestione dei rifiuti da C&D: le *Guidelines for the waste audits* della Commissione Europea (2018); la Prassi di Riferimento dell'UNI (2020); la *Guide for identifying the reuse potential* (Deweerdt e Mertens, 2020) proposta nel contesto del progetto europeo FCRBE. Questi strumenti affrontano con modalità diverse la gestione del fine vita degli edifici, proponendo differenti alternative in termini di strutturazione dell'inventario, raccolta delle informazioni di base e di dettaglio, programmazione delle fasi di demolizione selettiva o di decostruzione. Le metodologie proposte convergono sul fatto che, al fine di massimizzare il reimpiego, sia necessario condurre una adeguata fase di progettazione dell'intervento, cioè di inventario. Ciò permette infatti di ottenere le informazioni necessarie a determinare per ciascun prodotto o componente il trattamento più idoneo in base agli impatti ambientali, alla fattibilità e al mercato di destinazione, richiedendo che la figura di *auditor* possieda le necessarie conoscenze trasversali a questi tre ambiti. A seguito dell'analisi comparativa effettuata è possibile compiere due considerazioni:

(i) Le due linee guida di tipo *top-down* (Commissione Europea, 2018; UNI,

2020) possiedono una prospettiva che, pur annoverando i processi di riuso tra gli esiti preferibili per la gestione degli elementi edilizi, è inevitabilmente legata al quadro normativo corrente. Da questo deriva un'impostazione degli strumenti proposti più adatta a gestire i materiali diretti a riciclo che i prodotti o i componenti in buono stato e riutilizzabili, i quali sono in un caso raccolti in un inventario di tipo opzionale (Commissione Europea, 2018), mentre nell'altro, a conti fatti, non viene per essi menzionato un metodo di gestione (UNI, 2020);

(ii) se, da un lato, le metodologie proposte dagli enti tradiscono una impostazione dall'efficacia limitata nell'incentivare il recupero di elementi integri, quella curata da Deweerdt e Mertens (2020), derivante dall'esperienza sul campo, non prende in considerazione processi diversi dal reimpiego. La fase di *reclamation audit* e inventario, oltre a essere concentrata esclusivamente sul riuso di prodotti e componenti, dimostra una completa autonomia rispetto alle attività che la precedono e seguono nel processo generale, come illustrato alla figura 10.6. Il procedimento delineato acquista in tal modo un andamento prettamente lineare secondo il quale lo *step* dedicato all'audit degli elementi acquista un carattere di irreversibilità rispetto a quello per i materiali riciclabili.

Ciascuno dei tre documenti esaminati presenta, da questo punto di vista, una visione parziale delle risorse effettivamente recuperabili dalle attività di demolizione. Nel primo caso (i) la prospettiva rimane vincolata al loro inquadramento quali rifiuti, proponendo una struttura dell'inventario che impedisce di coniugare le informazioni di ciascun elemento tecnico nella sua interezza con quelle relative ai singoli materiali che lo compongono. Le schede di indagine e valutazione privilegiano infatti la raccolta di dati relativi a ciascuno dei materiali recuperati e, di conseguenza, le loro possibilità di recupero sono trattate in forma autonoma, senza adottare una prospettiva estesa al componente cui appartengono. Questo tipo di approccio, unito alla natura opzionale dell'inventario degli elementi, ove presente, privilegia l'adozione dei processi di riciclo, i quali sono direttamente connessi alla classificazione per frazioni materiali. Nel secondo caso (ii), il processo di *reclamation audit* viene considerato come un procedimento completamente distinto da quello dell'audit finalizzato alla demolizione selettiva, demandando quest'ultimo a una fase successiva. Ciò determina l'analoga adozione di una prospettiva circoscritta che, pur finalizzata a considerare gli elementi nella loro integrità, non instaura un dialogo con le indagini complementari volte a valutare i possibili processi di trattamento cui le risorse materiali saranno soggette nel loro complesso. Questo induce un focus limitato al recupero degli elementi che possono essere rimossi attraverso un processo di *strip-out*, escludendo i componenti dalle stratificazioni più complesse.

Emerge dunque come il tema dell'informazione rivesta un ruolo chiave per garantire un buon esito del processo.

In termini generali, il solo modo per consentire a un progettista di valorizzare il maggior numero di risorse presenti nell'area attraverso il loro reimpiego è un supporto informativo di livello urbano o locale costantemente aggiornato[1]. Ciò permette di ipotizzare l'integrazione, sin dall'avvio della fase progettuale,

1 - Nel caso dell'*on-site mining* questo si traduce nell'aver compiuto un accurato audit pre-demolizione, tema che viene affrontato nel testo a seguire.

degli elementi edilizi effettivamente disponibili. Questo non solo evita l'allungamento dei tempi dovuto alla costante revisione delle scelte di progetto per via dei flussi materiali divenuti disponibili in un secondo momento, ma permette, potenzialmente, a una quantità superiore di elementi di trovare un secondo impiego. Nel caso dell'audit pre-demolizione non è solo l'accuratezza degli inventari a rappresentare un fattore informativo essenziale, ma anche la strutturazione degli stessi. Appare infatti necessario restituire in questi documenti dei dati analitici e ordinati in modo tale da svincolare il progettista da un'ottica limitata ai soli materiali (riciclo) o ai soli elementi (riuso) e promuovendo, al contrario, una visione coordinata di tutti i potenziali processi da attuare. Questo tipo di organizzazione degli inventari permetterebbe di abbandonare una logica ancora vicina a quella della gestione ambientale[2] in favore dell'adozione di una effettiva prospettiva progettuale.
Sulla scorta di queste considerazioni è possibile formulare suggerimenti di due caratteri differenti, il primo relativo al perfezionamento del processo a scala urbana e il secondo orientato al potenziamento degli strumenti esistenti.

Perfezionamento del processo: strumenti di policy urbana
Il primo suggerimento prevede il coinvolgimento delle politiche locali nell'incrementare l'efficacia dello *urban mining RDP* quale strumento di gestione del patrimonio edilizio. Come evidenziato nel paragrafo 10.3.2, le piattaforme di tipo *bottom-up* dimostrano di fornire considerevole supporto all'implementazione del riuso di elementi in architettura. Ciò nonostante, la loro natura privata determina uno sviluppo solitamente limitato all'area geografica in cui operano

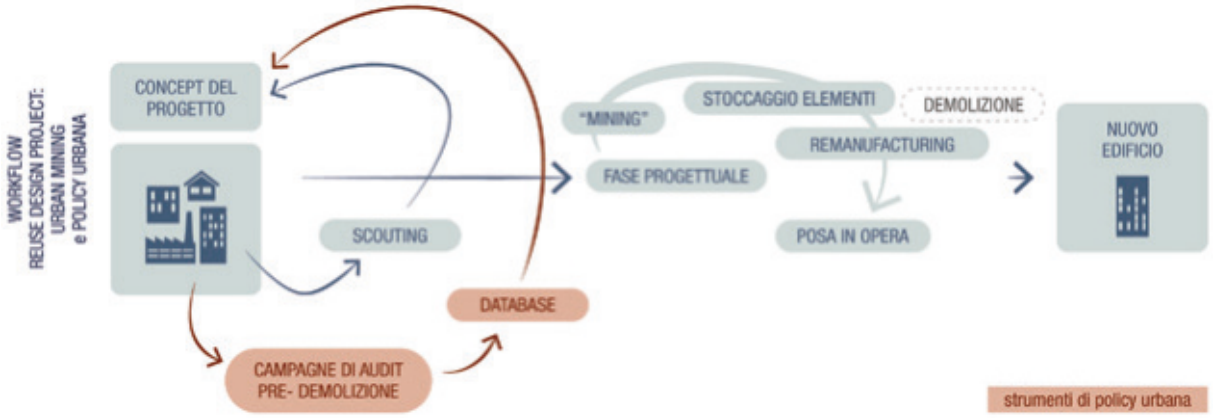


Fig. 12.1. Inserimento di strumenti di policy urbana per facilitare il workflow dello urban Reuse Design Project

i loro sviluppatori, i quali si incaricano dell'intera gestione della piattaforma, comprensiva dell'aggiornamento del database. La figura 12.1 illustra il possibile ruolo dell'amministrazione locale nel monitoraggio dei flussi di risorse che si "liberano" all'interno dell'area urbana.
Non è naturalmente possibile raccogliere informazioni sulle caratteristiche dell'intero stock costruito di una città, tuttavia la realizzazione di indagini sulla base di tipi edilizi ed epoca di costruzione, corredata da indagini campione, potrebbe consentire una stima delle risorse materiali presenti nell'area urbana[3]. Il

2 - Ci si riferisce, naturalmente, alle linee guida proposte da Commissione Europea e da UNI, poiché quello sviluppato nel quadro di FCRBE non prende in considerazione la prospettiva dei materiali.

3 - Come è stato fatto, sebbene per altri fini, nel progetto di ricerca IEE TABULA, Typology Approach

patrimonio pubblico potrebbe essere l'oggetto di campagne più accurate, realizzate attraverso la redazione di audit per ciascun edificio. Questo consentirebbe di ottenere informazioni utili sia nel caso di futuri interventi di ristrutturazione che per pianificare con anticipo una accurata gestione delle risorse materiali nel caso di edifici obsoleti o per i quali possa essere prevista negli anni successivi la demolizione. In tale modo sarebbe possibile conoscere le caratteristiche e lo stato di conservazione di ogni elemento edilizio monitorato, unitamente alla quantità di materiali, principalmente inerti, che sarebbero destinati a riciclo dopo lo *strip-out*. La registrazione di questi dati all'interno di un portale avvierebbe l'auspicato processo di digitalizzazione del costruito, che vedrebbe raccolte anche tutte le informazioni inerenti ai fabbricati di nuova costruzione, sia pubblici che privati.
Il monitoraggio degli stock resi disponibili dal patrimonio privato può avvenire subordinando il rilascio dei permessi di ristrutturazione o demolizione alla conduzione dell'audit pre-demolizione, i cui dati sarebbero raccolti all'interno del medesimo portale così da poter facilitare i processi di *urban mining*. L'inserimento sistematico, da parte dei privati, delle informazioni raccolte con l'audit pre-demolizione permetterebbe, sia alle imprese attive sul territorio che ai progettisti, di essere sempre a conoscenza dei materiali ed elementi già disponibili o che lo saranno nell'arco di un breve periodo di tempo. Gli attori pubblici potrebbero ricorrere a queste risorse per ottemperare alle prescrizioni dettate dai CAM in merito alla percentuale di materiale recuperato o riciclato richiesto per gli specifici componenti edilizi. In questa prospettiva, il pubblico assume un ruolo di coordinamento, al quale le iniziative di natura privata potrebbero fornire supporto in termini di gestione delle necessarie aree di stoccaggio e delle specifiche attività di decostruzione e *remanufacturing*. La mancanza di spazi adeguati da adibire a deposito, criticità emersa in più punti della ricerca, potrebbe essere superata attraverso la gestione privata di suoli comunali inutilizzati, mentre specifici incentivi potrebbero promuovere l'adozione di pratiche più circolari da parte delle imprese.

Suggerimenti di integrazione degli strumenti esistenti
Per superare una visione degli strumenti di audit pre-demolizione che vede sempre subordinata all'altra una delle due strategie di gestione, sia essa riciclo o riuso, si suggeriscono alcune integrazioni, mirate a strutturare un modello in grado di fornire esiti di maggior supporto alle decisioni progettuali, siano esse di demolizione o di recupero e reintegro. A una organizzazione che permette di compiere una lettura duplice, a livello di elemento edilizio e dei materiali che lo compongono, si associano alcune integrazioni informative che consentono una conoscenza più approfondita del prodotto o componente e una matrice di supporto al processo di *decision-making*.
Il *template* proposto, riportato alla tabella 12.2, si basa su quello di tipo "istituzionale" pubblicato dalla Commissione Europea (2018). Tale scelta è supportata da ragioni di due tipi differenti. In primo luogo, il modello proposto dalle *Guidelines for the waste audits* è inquadrato all'interno del più ampio EU CDW Management Protocol, dotando questo strumento di una cornice operativa più strutturata nella gestione dell'intero processo. In secondo luogo, esso adotta un approccio finalizzato alla precisa quantificazione dei materiali ed elementi esito della demolizione, mentre quello proposto dall'UNI (2020) presenta una

for Building Stock Energy Assessment (2009-2012)

natura più descrittiva.
Come evidenziato nella tabella 12.2 e dall'esempio riportato alla tabella 12.3, la struttura del modello proposto si divide in due macro-sezioni, una prima dedicata alla raccolta dei dati e una seconda relativa ai successivi aspetti di valutazione degli stessi. Ciascuna di esse si articola in due parti, permettendo al contempo di mantenere una visione generale delle risorse a disposizione, secondo l'andamento descritto di seguito:

(i) Raccolta dati elemento tecnico

a. codice elemento. Riferimento a un codice identificativo univoco per l'elemento tecnico, al quale fare riferimento negli elaborati grafici e negli abachi connessi, nonché nei codici assegnati ai materiali di cui è composto;
b. elemento tecnico. Classificazione dell'elemento tecnico individuato secondo le classi di elementi tecnici identificate dalla norma UNI 8290:1981;
c. descrizione. Descrizione generale dell'elemento nelle sue caratteristiche fisiche e costruttive, indicazione di eventuali dettagli ritenuti di interesse, immagini dell'elemento;
d. ubicazione. Identificazione della posizione dell'elemento all'interno dell'edificio, eventuali indicazioni di tipo grafico relativi alla funzione ricoperta;
e. consistenza elemento:
    - area. Quantificazione della superficie in [mq] propria di ciascuna unità, oppure in base ad altra unità di misura ritenuta significativa per le caratteristiche dell'elemento;
    - numero. Numero unità presenti;
    - area totale. Estensione in [mq] della superficie complessiva, o in base ad altra unità di misura ritenuta significativa.

(ii) Raccolta dati materiali contenuti

f. materiali contenuti
    - codice materiale. Riferimento a un codice identificativo univoco per il materiale in relazione all'elemento tecnico di provenienza, al quale fare riferimento negli elaborati grafici e negli abachi connessi;
    - tipo. Distinzione tra inerte, non inerte non pericoloso, pericoloso;
    - identificazione. Descrizione del materiale comprensiva dello stato di conservazione;
    - cod. rifiuto. Codice identificativo a sei cifre secondo la classificazione proposta dalla 2014/955/CE
g. consistenza dei materiali
    - quantità. Quantificazione del peso, finalizzato al computo finale relativo agli esiti dei processi di gestione dei rifiuti da C&D secondo le disposizioni della 2008/98/CE;
    - unità. Numero di unità presenti in riferimento all'elemento;
    - totale. Quantificazione del peso complessivo del singolo materiale, finalizzato al computo finale relativo agli esiti dei processi di gestione dei rifiuti da C&D secondo le disposizioni della 2008/98/CE.

(iii) Valutazione dei materiali

h. esito possibile gestione. Indicazione dei possibili esiti di gestione dei materiali in base alle condizioni, alla presenza o meno in loco di impianti di trattamento o imprese di *remanufacturing*, etc. sulla base dei possibili esiti indicati nella 2008/98/CE;
i. esito preferibile gestione. Esito, tra quelli indicati come possibili, che persegue il miglior risultato ambientale complessivo, secondo l'ordine di priorità stabilito dalla Gerarchia dei Rifiuti (2008/98/CE).

(iv) Valutazione dell'elemento

j. valutazione dello stato di conservazione dell'intero elemento edilizio basato sullo stato di conservazione dei materiali che lo compongono.

La struttura proposta intende fornire una cornice generale all'interno della quale inserire le informazioni di base reperite nell'audit, così organizzate in modo da consentire una visione complessiva, ma al tempo stesso approfondita, dell'intera quantità di risorse materiali a disposizione. Il *template* intende facilitare l'adozione di uno sguardo progettuale, e non più di sola gestione ambientale dei rifiuti, introducendo delle sezioni che caratterizzano gli elementi esulando dalla quantificazione in peso e offrendo delle valutazioni relative sia agli elementi che ai materiali.
A tal proposito, la tabella 12.4 propone una matrice di valutazione complessiva che intende rappresentare in forma grafica il processo decisionale relativo ai possibili processi per mezzo dei quali gestire le risorse materiali sulla base della raccolta dei dati effettuata. Un esempio di applicazione a un elemento tecnico è riportato nella tabella 12.5. La matrice considera alcuni parametri come tipo di intervento, destinazione dei materiali ed elementi, stato di conservazione per illustrare le alternative possibili da intraprendere sulla base delle intenzioni del progettista. Aspetti inerenti al mercato o alle specifiche condizioni locali, variando di contesto in contesto, non sono prese in considerazione in questa sede.
Attraverso i suggerimenti forniti in termini di processo e di perfezionamento dell'audit pre-demolizione viene soddisfatta la RQ (iv):
è possibile ottenere risvolti positivi dall'adozione sistematica di questi strumenti nella gestione dell'ambiente costruito, analizzandoli e suggerendo eventuali integrazioni alle carenze riscontrate.
Il capitolo 13 descrive l'applicazione di questo intero procedimento di inventario e valutazione a un caso studio.

DATI ELEMENTO TECNICO							DATI ...	
CODICE	ELEMENTO TECNICO	DESCRIZIONE	UBICAZIONE	CONSISTENZA ELEMENTO			MATERIALI ...	
				AREA	UNITÀ	AREA TOT.	CODICE	TIPO
rif. codice id. univoco (anche abachi o elaborati grafici)	classificaz. elemento tecnico individuato (UNI 8290)	descrizione generale caratteristiche fisiche e costruttive, immagine	posizione dell'elemento nell'edificio (ala, piano...)	superficie di ciascuna unità in [mq] (o altra unità)	num. unità	superficie complessiva in [mq] (o altra unità)	rif. codice id. univoco (anche abachi o elaborati grafici)	distinzione: - inerte; - non inerte non pericoloso; - pericoloso
							...	
							...	
							...	
...	...						...	
							...	
...	...						...	
							...	
							...	

Tabella 12.2: template suggerito per l'inventario complessivo di elementi edilizi e materiali proposto, elaborato integrando il modello suggerito nelle Linee guida (Commissione Europea, 2018)

DATI ELEMENTO TECNICO							DATI ...	
CODICE	ELEMENTO TECNICO	DESCRIZIONE	UBICAZIONE	CONSISTENZA ELEMENTO			MATERIALI ...	
				AREA	UNITÀ	AREA TOT.	CODICE	TIPO
I-1	2.1.2 infisso esterno verticale	infisso in legno, a doppia anta e con vetro singolo, collocato a filo interno della muratura [IMMAGINE]	piano rialzato, primo e secondo su tutti i fronti del fabbricato	1,6 mq	24	38,4 mq	I-1.1	non inerte
							I-1.2	non inerte
M-3	1.2.1 struttura di elevazione verticale 2.2.1 parete perimetrale verticale	muratura perimetrale in laterizio pieno a due teste, legante in malta cementizie e intonaco ambo i lati [IMMAGINE]	involucro esterno degli edifici A e B, perimetro di ciascun sedime 18,5mx7m h 3 piani	469,2 mq	2	938,4 mq	M-3.1	inerte
							M-3.2	inerte
							M-3.3	inerte

Tabella 12.3: esempio di applicazione del modello per il pre-demolition audit a due elementi tecnici (serramento, chiusura verticale) e ai materiali che li compongono

... MATERIALI CONTENUTI					VALUTAZIONE MATERIALI		VAL. ELEMENTO
... CONTENUTI		CONSISTENZA MATERIALI			ESITI GESTIONE		STATO CONSERVAZIONE ELEMENTO
ID. MATERIALE	COD. RIFIUTO	QUANTITÀ	UNITÀ	TOT.	POSSIBILI	PREFERIBILE	
descrizione del materiale	codice identificativo a sei cifre (2014/955/UE)	quantità materiale di ciascuna unità in [kg]	num. unità	totale materiale in [kg]	- riutilizzo; - riciclaggio; - riempimento; - recupero; - smaltimento (2008/98/CE)	esito che persegue il miglior risultato ambientale complessivo (2008/98/CE)	valutazione dello stato di conservazione dell'intero elemento basata su proprietà dei materiali ed esito preferibile

... MATERIALI CONTENUTI					VALUTAZIONE MATERIALI		VAL. ELEMENTO
... CONTENUTI		CONSISTENZA MATERIALI			ESITI GESTIONE		STATO CONSERVAZIONE ELEMENTO
ID. MATERIALE	COD. RIFIUTO	QUANTITÀ	UNITÀ	TOT.	POSSIBILI	PREFERIBILE	
legno	17.02.01	26,6 kg	24	638,4 kg	- riuso - riciclo - recupero	- riuso	legno del serramento in 7 casi ammalorato, vetri piani integri con eccezione di due finestre collocate al piano terra
vetro	17.02.02	14,4 kg	24	345,6 kg	- riuso - riciclo - smaltimento	- riuso	
laterizio pieno	17.01.02	132930 kg	2	265860 kg	- riuso - riciclo - smaltimento	- riuso	La muratura presenta un buono stato di conservazione, escluse estese porzioni di intonaco che presentano esfoliazione e distacco su alcuni dei fronti (ca. 20% totale)
malta cementizia	17.01.07	44.315 kg	2	88630 kg	- riciclo - smaltimento	- riciclo	
intonaco di cemento	17.01.07	22155 kg	2	44310 kg	- riciclo - smaltimento	- riciclo	

EC, 2018

integrazioni proposte

		elemento tecnico e materiali		
		SUGGERIMENTI GESTIONE RIFIUTI		
		RIUSO	RICICLO	
progetto di riuso in nuovo edificio		possibili opzioni progettuali di riuso in base a stato di conservazione	possibili opzioni progettuali di riciclo in situ	on-site
	sola demolizione	possibili mercati per vendita elemento o materiali contenuti	opzioni di conferimento a impianti trattamento	off-site
			st. cons. non buono	
		stato di conservazione buono		

Tabella 12.4: modello per la matrice di valutazione complessiva, di supporto alle scelte progettuali circa le opzioni di reimpiego o riciclo dell'elemento tecnico, nella sua integrità o in parte

M-3	1.2.1 2.2.1	(i) demolizione intonaco, decostruzione e recupero laterizi, rimozione malta: - rivestimento interno; - rivestimento esterno; - sistemazioni spazi esterni. (ii) recupero porzioni murarie: - rivestimento esterno chiusure verticali; - sistemazioni spazi esterni.	iv) demolizione della struttura muraria, frantumazione con impianto mobile: - operazioni di riempimento; - aggregato per pavimentazioni o elementi in alzato esterni; - inserimento frantumato pezzatura adeguata in involucro di rete metallica, spazi esterni.
		(iii) demolizione intonaco, decostruzione e recupero laterizi, rimozione malta: - rivestimento interno; - rivestimento esterno; - interventi di restauro.	(v) strip-out materiali estranei (controtelai, davanzali, fissaggi), demolizione grossolana della muratura, e conferimento delle porzioni a impianti di trattamento meccanico (distanza: 50km)
I-1	2.1.2	(i) smontaggio telaio fisso e telaio mobile, pulitura, eventuale riassemblaggio: - rivestimento interno; - rivestimento esterno pareti perimetrali (serra); - partizioni interne.	(iii) nessuna applicazione possibile
		(ii) smontaggio telaio fisso e telaio mobile, pulitura, eventuale riassemblaggio: - interventi di ristrutturazione.	(iv) smontaggio telaio fisso, telaio mobile, controtelaio e lastra di vetro piano per conferimento a rispettivi impianti (distanza: 20-70km).

Tabella 12.5: esempio di applicazione della matrice di valutazione complessiva ai due elementi tecnici (serramento, chiusura verticale) analizzati nella tabella 12.3

12.2.3. Significato dei risultati in relazione agli obbiettivi specifici e ai proposti della tesi

Le analisi condotte nel presente capitolo contribuiscono a dipingere un quadro chiaro delle dinamiche che caratterizzano la messa in atto dei processi di reimpiego, sia dal punto di vista normativo che da quello applicativo. In tale prospettiva, il raggiungimento degli OS (iii) e (iv) permette di ipotizzare alcuni interventi finalizzati a promuovere l'efficacia del riuso di prodotti e componenti edilizi per facilitare il loro impiego nel progetto sostenibile di architettura. Nonostante tali suggerimenti siano pertinenti al dominio normativo e a quello delle politiche pubbliche, dunque non di immediata eventuale applicazione, essi dimostrano che le linee guida e gli strumenti correntemente impiegati possono essere perfezionati per ottenere una ancor più efficiente gestione delle risorse materiali.
Il contesto delineato evidenza lo sfasamento esistente a livello internazionale tra strategie e politiche, da un lato, e normative e dinamiche convenzionali di settore, dall'altro. Le strategie circolari, già da diversi anni promosse dall'Unione quale modello sostenibile da attuare per limitare gli impatti dei processi di produzione e consumo, non possiedono ancora un riscontro applicativo in termini legislativi. Sopperiscono tuttavia a questo "vuoto operativo" le iniziative dei privati, i quali, in ambito architettonico ed edilizio, si fanno carico di elaborare strumenti più adeguati alla pratica sul campo e di indagare le possibili interpretazioni di un limbo normativo per poterlo eludere. Tali circostanze dimostrano il ruolo fondamentale svolto dalla spinta *bottom-up* nel produrre innovazione di processo nell'ambito dello *urban mining* e, più in generale, del *Reuse Design Process*. Va tuttavia evidenziato che una futura transizione verso la circolarità richiederà, in ambito architettonico, notevoli cambiamenti non solo a livello procedurale, bensì anche a livello delle competenze richieste e delle figure professionali coinvolte. Alla base di questa evoluzione, l'approccio progettuale dovrà – come nel caso dell'audit pre-demolizione – mutare la propria visione delle risorse materiali da un'ottica finalizzata alla gestione ambientale a quella di prospettiva progettuale, in chiave strategica.

12.3. Bibliografia di capitolo

Commissione Europea, 2018. Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.

Debacker Wim e Manshoven S., 2016. D1 Synthesis of the state-ofthe-art. Key barriers and opportunities for Materials Passports and Reversible Building Design in the current system. Report. https://www.bamb2020.eu/ [09.2020]

Deweerdt M. (BBRI), Mertens M. (Brussels Environment), 2020. A guide for identifying the reuse potential of construction products. Working draft version, 29 March 2020. Manual produced as part of the project Interreg NWE 739: Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements (FCRBE), October 2018-January 2022. https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe [09.2020]

Ghyoot et. al, 2018. Décontruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

Giorgi S., Lavagna M., Campioli A., 2019. Circular economy and regeneration of building stock in the Italian context: policies, partnership and tools. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 225*. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012065

Gorgolewski M., 2018. Resource salvation: the architecture of reuse. Hoboken (US): Johns Wiley & Sons

Kozminska U., 2019. Circular design: reused materials and the future reuse of building elements in architecture: Process, challenges and case studies. I*n: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 225. doi: 10.1088/1755-1315/225/1/012033

Legambiente, 2017. Rapporto cave. I numeri e gli impatti economici e ambientali delle attività estrattive nel territorio italiano. Le opportunità e le sfide nella direzione dell'economia circolare. https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/rapporto_cave_2017.pdf. [07.2019]

Lopez Ruiz L.A., Roca Ramon X., Gassó Domingo S, 2020. The circular economy in the construction and demolition waste sector. A review and an integrative model approach. *Journal of Cleaner Production* 248. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238

Nordby A.S., 2019. Barriers and opportunities to reuse of building materials in the Norwegian construction sector. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 225. doi: 10.1088/1755-1315/225/1/012061

Parlamento Europeo, 2008. Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.

Parlamento Europeo, 2011. Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio. Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea, L 88, pp. 5-43

UNI, 2020. Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare. Prassi di Riferimento UNI/PdR 75:2020. http://store.uni.com/catalogo/uni-pdr-75-2020 [08.2020]

13. Applicazione degli strumenti operativi a un caso studio

In many ways, construction is much more than a mere act of production, it is a multi-layered process of re-organising matter, taking place in a variety of scales and time frames (Ruby I. e Ruby A., 2010).

13.1. Definizione dell'oggetto di studio

La decisione di verificare l'approccio del *Reuse Design Project* attraverso l'applicazione del *template* proposto per l'audit pre-demolizione è nata dall'esigenza di confrontare la strutturazione da me progettata per l'inventario di materiali ed elementi con le caratteristiche costruttive di uno o più fabbricati esistenti e rappresentativi del patrimonio edilizio italiano. Tale esame permette infatti di analizzare l'efficacia del modello suggerito non solo in termini di promozione dei processi di reimpiego, ma anche in qualità di metodologia volta a facilitare le scelte progettuali a seguito delle attività di decostruzione e demolizione di edifici esistenti. Ciò si inscrive nel quadro dei propositi generali della ricerca, che esprimono la volontà di determinare l'idoneità dei processi di riuso quali strumenti sostenibili per la gestione del patrimonio edilizio in fase di dismissione.
L'implementazione di questo studio, condotta durante il percorso di ricerca del Dottorato, è stata svolta in due momenti successivi.
Il primo di questi, coincidente con una indagine di tipo preliminare e complessivo, è stato sviluppato nel contesto di una tesi di laurea sperimentale che ho seguito come correlatrice, curandone in particolare gli aspetti relativi al processo di *Reuse Design Project* e di elaborazione del necessario inventario di materiali ed elementi edilizi[1]. La tesi concerne un caso di *on-site mining* e ipotizza, dunque, che le attività di decostruzione e di nuova edificazione avvengano in sequenza (non necessariamente immediata) nel medesimo isolato.
Il secondo momento ha preso avvio dagli esiti emersi nella prima fase, allo scopo di svolgere degli approfondimenti di carattere esecutivo. In particolar modo si sono volute analizzare la fattibilità tecnico-economica e la sostenibilità dell'intervento in relazione a uno dei processi previsti dal progetto di riuso elaborato nella tesi: quello di taglio e smontaggio per porzioni di una muratura esistente al fine del suo successivo reimpiego come controparete esterna in un edificio di nuova progettazione. Questo esame prende in considerazione in primo luogo gli aspetti

1 - Si tratta della tesi di Laurea Magistrale in Architettura e Culture del Progetto di Anna Grazia Capparotto e Blendi Vishkurti, dal titolo "Riuso e riciclo di materiali derivanti da un processo di decostruzione selettiva dell'esistente: riqualificazione dell'area ex-Ater di piazza Mercato a Marghera", relatore prof. Massimiliano Condotta, discussa nel corso della II Sessione di Laurea dell'a.a. 2019-2020 presso l'Università Iuav di Venezia. Numerose illustrazioni impiegate in questo capitolo sono state elaborate dai due laureandi, identificabili dalle sigle AGC e BV in didascalia.

relativi al cantiere e ai costi legati alle operazioni previste da progetto, compiendo inoltre una valutazione sugli aspetti ambientali dell'intervento attraverso un'analisi comparativa in termini di *embodied energy* ed *embodied carbon*[2].
La visione d'insieme permessa dall'indagine, "preliminare" prima ed "esecutiva" poi, volta a chiarire l'approccio adottato nel *Reuse Design Project* in oggetto, consente di valutare la sostenibilità dello stesso non solo in termini culturali e di preservazione delle risorse materiali, ma anche dal punto di vista economico.
Appare necessario compiere alcune precisazioni circa la scelta del caso studio. Quest'ultima, al fine di poter testare il modello di audit pre-demolizione e di verificare la sostenibilità ambientale ed economica del processo di RDP, era necessariamente subordinata ai requisiti di seguito approfonditi.
In primo luogo, il caso studio doveva permettere di esaminare un processo progettuale di riuso nel suo iter complessivo, basato sulle effettive possibilità di recupero degli elementi. In tal senso, doveva non esser confinato alla conduzione di un audit pre-demolizione, e, soprattutto, doveva permettere di verificare come gli esiti di quest'ultima influenzassero il successivo progetto di riuso delle risorse materiali.
In secondo luogo, per procedere all'analisi tecnico-economica e ambientale di uno dei processi dell'intervento, si dimostrava necessario avere a disposizione un progetto esecutivo sufficientemente dettagliato. Ciò era essenziale per poter calcolare con precisione sia l'energia e il carbonio incorporati nei prodotti e materiali che le quantità e i costi imputabili agli stessi.
Inoltre, compiere l'indagine in un contesto socio-economico nel quale fosse possibile discutere con i vari attori coinvolti dal processo (Amministrazione, imprese, progettisti) avrebbe consentito di ottenere dei riscontri in merito ai valori sui quali parametrare costi di costruzione e connotazioni di tipo energetico del processo esaminato.
Data la difficoltà di individuare un caso studio reale che rispondesse a questi requisiti (e dato che, anche se la ricerca avesse dato esito positivo, le tempistiche necessarie per il compimento dell'intero processo progettuale sarebbero state troppo estese per riportarle in modo esaustivo), è stato deciso di simulare il *Reuse Design Project* in un contesto che possedesse le caratteristiche necessarie.
L'area di studio e di progetto è ubicata nella Città Giardino di Marghera, nel Comune di Venezia. Lo studio riguarda un isolato occupato da sei palazzine di edilizia residenziale convenzionata, costruite dal Genio Civile nell'immediato Secondo Dopoguerra nei pressi di piazza Mercato (fig. 13.1).
La proprietà di questi fabbricati è stata nel corso dei decenni di diversi enti pubblici, fino alla loro recente acquisizione da parte del Comune. In tutto quest'arco di tempo la manutenzione sui fabbricati è stata scarsa e ciò ha determinato la loro attuale inadeguatezza sotto il profilo funzionale (cambiamento nel tempo delle esigenze dei nuclei familiari assegnatari), impiantistico (modifiche e migliorie apportate per lo più in forma autonoma dagli inquilini) ed energetico (presenza di un involucro privo di isolamento e serramenti originali a vetro singolo). La attuale volontà dell'Amministrazione è quella di procedere alla demolizione di questi edifici una volta che tutti gli inquilini siano stati ricollocati in altre unità abitative a canone agevolato. Questa intenzione non rivela una mancanza di sensibilità nei confronti del costruito esistente poiché dipende in gran parte dallo

2 - L'approfondimento qui sintetizzato e illustrato nel paragrafo 13.3 è stato svolto nei mesi di gennaio e febbraio 2021 sotto la supervisione del prof. M. Condotta, con il prezioso e fondamentale aiuto del prof. M. Scarpa nella sezione relativa al computo dei costi energetici di processo.

stato di conservazione delle palazzine in esame. Negli ultimi anni la medesima Amministrazione ha infatti compiuto diversi interventi di *retrofit* ad altri fabbricati di edilizia residenziale pubblica, operazione che in questo caso non avrebbe rivelato una convenienza economica proprio per via delle condizioni in cui versano gli edifici oggetto di indagine (figg. 13.2, 13.3, 13.4, 13.5).
Al momento dell'avvio dello studio (febbraio 2020), la gran parte degli assegnatari degli alloggi avevano già avuto occasione di spostarsi e tre dei fabbricati erano completamente sgomberi.
La scelta del target si rivela adeguata in riferimento alla possibilità di applicare lo studio a un caso concreto, poiché le palazzine in esame rappresentano un campione significativo dei tipi edilizi che compongono lo stock italiano realizzato nel Secondo dopoguerra e dei relativi sistemi costruttivi impiegati. Allo stesso modo, l'ipotesi di condurre un *on-site mining*, attraverso il riuso dei materiali ed elementi recuperati sul medesimo sito di demolizione, è stata verificata con l'Amministrazione al fine di poter fondare le scelte progettuali su circostanze realistiche. È stato dunque effettuato un incontro con la Municipalità, finalizzato a conoscere quali fossero i progetti in discussione per l'area e, in particolar modo, se fosse prevista la sostituzione delle palazzine con nuovi edifici. Sebbene non ci fossero – e tutt'ora[3] non ci siano – linee di indirizzo precise in merito, è stato possibile avere delle indicazioni riguardo destinazioni d'uso da privilegiare nella progettazione di ipotetici nuovi fabbricati, suggerite in base alle funzioni di cui l'area circostante (fig. 13.6), e la città più in generale, potrebbero giovare.
La Municipalità ha espresso l'esigenza di destinare i nuovi edifici sia a funzioni di tipo pubblico che a residenza. La prossimità alla biblioteca comunale, ove si riscontra la mancanza di spazi adeguati alle attività per gli utenti più giovani, ha orientato le scelte progettuali verso la realizzazione di una ludoteca. Inoltre, il fatto che alcune associazioni della zona (associazioni per gli anziani, insegnamento lingua italiana a stranieri, aule informatica) manchino di una sede idonea alle attività che conducono e che non sia presente, in città, una sala conferenze di media dimensione (80 posti) hanno determinato l'inserimento di spazi adeguati a tali funzioni in un secondo edificio pubblico di progetto. Quest'ultimo ospita inoltre alcuni alloggi per studenti e giovani ricercatori delle due università veneziane e un piccolo ostello, anch'essi di ipotetica proprietà comunale. Completano il quadro dei fabbricati residenziali con unità di metratura variabile tra i 70 e i 120 mq circa, al piano terra dei quali sono collocati alcune pertinenze degli alloggi e diversi esercizi commerciali. In merito agli spazi aperti è stato richiesto che potessero ospitare parte delle bancarelle del mercato che si tiene due volte a settimana sulle vie circostanti l'area di progetto, così da decongestionare la viabilità.
La società proprietaria delle palazzine esistenti ha messo a disposizione gli elaborati grafici in suo possesso, esito di rilievi condotti negli anni precedenti, unitamente ad alcune schede relative allo stato di conservazione delle unità abitative e a della documentazione fotografica. Questa documentazione è relativa ai tre edifici che, all'inizio dello studio, erano già stati sgomberati e non erano per questo accessibili. Di concerto con il Comune, è stato possibile accedere ai tre ancora abitati grazie alla disponibilità dei proprietari, che hanno permesso di visitare gli spazi comuni dei fabbricati e alcune unità abitative. Attraverso gli incontri con i residenti è stato possibile risalire alle modifiche effettuate negli

3 - Il presente testo viene steso tra dicembre 2020 e febbraio 2021. Allo stato attuale le palazzine, seppure siano terminati i processi di sgombero, non sono ancora state demolite.

alloggi, rispetto alla conformazione originale, a livello planimetrico, impiantistico, di finiture e di serramenti interni ed esterni (fig. 13.7, 13.8). Le sei palazzine possedevano infatti, al termine della costruzione, le medesime caratteristiche dal punto di vista distributivo e costruttivo, una situazione che permane allo stato attuale con esclusione dei menzionati interventi, di entità trascurabile sull'insieme, realizzati per lo più su iniziativa degli utenti.

13.2. Sperimentazione del modello di audit pre-demolizione

13.2.1. Descrizione del metodo adottato

Obbiettivi dello studio

Le circostanze descritte permettono di contestualizzare in modo appropriato la sperimentazione riportata in questo capitolo. All'interno di questo scenario è stata messa in atto l'applicazione del modello di audit pre-demolizione descritto nel capitolo 12, inteso quale strumento dalla duplice funzione. Da un lato esso rappresenta un mezzo di indagine, finalizzato a conoscere la qualità e la quantità delle risorse materiali esistenti prima di una demolizione, dall'altro intende fungere da supporto decisionale in merito alle operazioni intraprendere sulla base delle potenzialità dimostrate dai materiali e prodotti recuperabili. Sono infatti le valutazioni compiute sui materiali e sull'elemento tecnico, richieste nella parte conclusiva dell'inventario, le premesse fondamentali all'avvio del processo decisionale, illustrato in forma grafica dalla matrice di valutazione riportata nel capitolo 12. Tali circostanze evidenziano come l'approccio proposto, volto a promuovere i processi di riuso rispetto a quelli di riciclo, sia stato ideato per superare la concezione di disciplina del fine vita degli edifici come mera gestione di tipo ambientale.

Sulla base di queste premesse, l'intento che ha guidato la sperimentazione è stato quello di *verificare se l'applicazione del modello di audit pre-demolizione proposto consente di massimizzare il reimpiego, rispetto al riciclo, in un'ottica di gestione del fine vita del costruito esistente e di favorire il riutilizzo di materiali e componenti recuperati in un'ottica di tipo progettuale.*

Da tale interrogativo è stato definito l'obbiettivo dello studio, ovvero quello di *verificare le potenzialità della metodologia proposta quale strumento di supporto al recupero di elementi edilizi ottenuti dalla decostruzione di fabbricati esistenti, rappresentativi dello stock edilizio italiano, e finalizzato alla loro successiva integrazione in edifici di nuova progettazione.*

Come già anticipato, il metodo impiegato per raggiungere l'obbiettivo previsto è stata la *simulazione del procedimento su di un caso studio reale*.

In merito alla redazione dell'inventario

Al fine di ottenere le informazioni necessarie alla redazione dell'inventario secondo il *template* proposto, l'indagine si è articolata attraverso due fasi. Nel corso dello studio preliminare è stata fatta una prima ipotesi dei sistemi costruttivi presenti negli edifici e una stima di massima delle quantità di materiali ed elementi sulla base della documentazione fornita. Allo studio è seguita la verifica di tali supposizioni per mezzo di sopralluoghi in situ, che hanno consentito di apportare le dovute correzioni e integrazioni ai dati, con particolare riferimento alle modifiche apportate dagli inquilini. È stato deciso di circoscrivere la raccolta dei dati alle opere edilizie (UNI 8290-1:1981), con l'esclusione, dunque, di impianti e attrezzature interne o esterne. La tabella 13.1 illustra le classi di elementi tecnici

prese in esame:

Classi di unità tecnologiche	Unità tecnologiche	Classi di elementi tecnici
1. Struttura portante	1.1 Struttura di fondazione	1.1.1 Struttura di fondazione diretta
		1.1.2 Struttura di fondazione indiretta
	1.2 Struttura di elevazione	1.2.1 Struttura di elevazione verticale
		1.2.2 Struttura di elevazione orizzontale o inclinata
	1.3 Struttura di contenimento	1.3.1 Struttura di contenimento verticale
		1.3.2 Struttura di contenimento orizzontale
2. Chiusura	2.1 Chiusura verticale	2.1.1 Pareti perimetrali verticali
		2.1.2 Infissi
	2.2 Chiusura orizzontale inferiore	2.2.1 Solai a terra
		2.2.2 Infissi orizzontali
	2.3 Chiusura orizzontale su spazi aperti	2.3.1 Solai su spazi aperti
	2.4 Chiusura superiore	2.4.1 Coperture
		2.4.2 Infissi esterni orizzontali
3. Partizione interna	3.1 Partizione interna verticale	3.1.1 Pareti interne verticali
		3.1.2 Infissi interni verticali
		3.1.3 Elementi di protezione
	3.2 Partizione interna orizzontale	3.2.1 Solai
		3.2.2 Soppalchi
		3.2.3 Infissi interni orizzontali
	3.3 Partizione interna inclinata	3.3.1 Scale interne
		3.3.2 Scale esterne
4. Partizione esterna	4.1 Partizione esterna verticale	4.1.1 Elementi di protezione
		4.1.2 Elementi di separazione
	4.2 Partizione esterna orizzontale	4.2.1 Balconi e logge
		4.2.2 Passerelle
	4.3 Partizione esterna inclinata	4.3.1 Scale esterne
		4.3.2 Rampe esterne

Tab. 13.1. Elenco delle classi di unità tecnologiche e relativi sottogruppi considerati per la redazione dell'inventario

Ipotesi relative al progetto delle nuove costruzioni

Alcune scelte intraprese sin dall'avvio della sperimentazione hanno condizionato in modo considerevole il processo progettuale. Una delle principali decisioni vincolanti il progetto è stata quella di non eccedere, con il totale delle nuove realizzazioni, la volumetria complessiva degli edifici da demolire. Una seconda scelta è stata quella di differenziare i sistemi costruttivi, progettando gli edifici adibiti a funzioni pubbliche secondo delle tecniche costruttive a secco e ipotizzando, al contrario, delle tecniche a umido più convenzionali per i fabbricati residenziali[4]. Nonostante quest'ultima decisione non sia stata presa considerando le conseguenze in termini di gestione dei rifiuti da C&D, ciò ha permesso di includere anche il riciclo in situ tra i processi di trattamento dei materiali recuperati dalle attività di demolizione e decostruzione, nel caso non fosse possibile o ritenuto adeguato procedere con operazioni di reimpiego. Gli edifici di progetto integrano elementi e materiali provenienti dalle palazzine ma non fanno esclusivamente uso di queste risorse. Le scelte progettuali relative alla struttura e ai distributivi sono state prese in modo da ottemperare alle normative sismiche

4 - Tale decisione è stata presa sulla base del fatto che, nonostante le tecniche costruttive a secco favoriscano la separazione dei componenti impiegati a fine vita della costruzione e, dunque, il loro riuso o la corretta gestione in termini di riciclo, l'utenza non sia ancora incline a questo tipo di sistemi costruttivi nel caso della propria residenza.

e di prevenzione incendi vigenti. Il processo è stato orientato a massimizzare il reimpiego, evitando tuttavia di adottare uno spirito votato all'integralismo del "riuso a tutti i costi" e mantenendo una prospettiva realistica, così da permettere alla creatività progettuale di fare il proprio corso.

13.2.2. Esiti in termini progettuali

Il processo progettuale si è svolto in quattro macro-fasi:

(i) redazione dell'inventario,

(ii) prefigurazione delle possibili applicazioni di materiali ed elementi recuperati;

(iii) ipotesi di assemblaggio e messa in opera;

(iv) definizione del progetto.

Come già osservato, il *Reuse Design Project* si caratterizza per un andamento iterativo del procedimento. Fatto salvo che nel caso dell'*on-site mining* la (i) redazione dell'inventario permette di essere a conoscenza, sin dall'avvio e in modo esatto, delle risorse materiali a disposizione, delle loro proprietà e dello stato di conservazione, le fasi successive sono soggette a revisione costante. Le (ii) molteplici applicazioni prefigurabili per un materiale o elemento portano all'identificazione di (iii) più ipotesi di tipo costruttivo e, fino a quando non si individui quella soddisfacente in termini prestazionali, formali e tecnici, è possibile tornare sui propri passi per parte del procedimento o sin dall'avvio dello stesso. Man mano che le possibili soluzioni di reimpiego – e, in questo caso, di riciclo – vengono definite, (iv) i caratteri costruttivi del progetto finale prendono forma. Ciò nonostante, anche delle modifiche apportate a questo stadio possono indurre una revisione di quanto risultato dalle fasi precedenti.

(i) La figura 13.9 riporta l'inventario completato, cui seguono l'abaco dei serramenti recuperabili e due diagrammi esemplificativi dei diversi approcci progettuali adottabili (fig. 13.10). Il primo di essi illustra la composizione del totale dei rifiuti da costruzione e demolizione in base al peso, distinta per materiale, mirando a descriverne le quantità come sulla base dei dati raccolti per la sezione "materiali contenuti". Il secondo esamina invece l'insieme degli elementi tecnici che sono stati valutati come potenzialmente reimpiegabili, identificando l'estensione in [mq] disponibile per ciascun tipo di elemento, sulla base delle informazioni acquisite per la sezione "elemento tecnico". Tale lettura è resa possibile dalla strutturazione del *template* proposto, poiché consente di esaminare entrambi i punti di vista propri del riciclo e del reimpiego. In merito alla stima del totale, è stato considerato che il 5% dei materiali ed elementi risultassero ammalorati e non sono dunque stati considerati nel corso della stesura dell'inventario.

(ii) (iii) Le applicazioni ideate dagli studenti per gli elementi tecnici oggetto di reimpiego sono illustrate nella figura 13.11. Essa permette di identificare le principali lavorazioni cui è necessario sottoporre gli elementi per il loro secondo utilizzo, a partire dalla rimozione e dallo smontaggio fino alla nuova

messa in opera. Di seguito si riassumono brevemente i processi per ciascuno degli elementi riutilizzati:

a. Muratura perimetrale in laterizio pieno [M.1]. L'ipotesi progettuale prevede il reimpiego dei paramenti delle palazzine. Il processo, che sarà approfondito in dettaglio nel paragrafo 13.3, prende avvio con la rimozione dell'intonaco esterno[5], alla quale segue l'irrigidimento della muratura sul lato interno, effettuato mediante rete elettrosaldata e un getto di betoncino. È in seguito previsto il taglio dell'involucro murario in porzioni predefinite a mezzo sega a disco diamantato. I pannelli così ottenuti vengono ri-assemblati come strato più esterno di una doppia parete nell'edificio polifunzionale.

b. Infissi esterni in legno [I.1]. La considerevole quantità di serramenti in legno di dimensioni pressoché identiche, recuperabili attraverso un processo di decostruzione, ha supportato l'ipotesi di un loro reimpiego nella realizzazione di una parete continua vetrata a chiusura di uno spazio con funzione di serra. Allo smontaggio e divisione per singole ante seguono alcune lavorazioni finalizzate all'inserimento di questi elementi all'interno di un telaio metallico. Il gruppo così ottenuto viene fissato, insieme agli altri, al telaio della facciata continua della ludoteca, progettato per assorbire le minime differenze dimensionali, adottando una serie di accorgimenti di modo da garantire tenuta all'aria, all'acqua e resistenza agli urti.

c. Scuri in assi di legno [SA, SB]. Per due tipi di elementi oscuranti è stato ipotizzato un reimpiego volto a conferire loro una differente funzione. È stato infatti ipotizzato che essi, a seguito di smontaggio, stoccaggio e pulitura, siano impiegati come rivestimento dell'intradosso di un passaggio, attraverso il fissaggio a un telaio metallico.

d. Porte interne ed esterne in legno o legno e vetro [PPL, PPLV, PSL, PI, PIV]. Anche il riuso di questi serramenti è ideato con funzione di rivestimento, a seguito dello smontaggio e delle operazioni di pulitura. Il progetto prevede infatti che siano utilizzati come *layer* superficiale, sia interno che esterno, delle chiusure verticali del volume che ospita la sala conferenze, ubicata al piano terra dell'edificio polifunzionale. Le porte sono fissate a secco a un telaio in legno e, nel caso di quelle parzialmente vetrate, il vetro originale viene rimosso per essere sostituito da un serramento con vetrocamera.

e. Griglie di separazione esterne [GS.0, GS.1]. Da progetto, questi elementi, attualmente impiegati per separare le pertinenze esterne delle palazzine dalla viabilità pedonale, sono riusati secondo due soluzioni differenti. I tubolari metallici che inquadrano le griglie sono separati tra di loro e vengono utilizzati come correnti nella struttura metallica che sostiene la controfacciata vetrata della ludoteca. Le griglie sono invece tagliate in porzioni di dimensione contenuta e reimpiegate come pedate nei gradini di accesso all'edificio polifunzionale.

f. Rivestimento di pavimentazione in marmette [SO.4]. Il recupero di questi elementi quadrati di graniglia avviene allo scopo del loro riutilizzo con la medesima funzione. Attraverso l'accurato smontaggio e la pulitura, infatti, il progetto prevede che siano utilizzati per pavimentare la hall di ingresso e gli

5 - Dato il fatto che gran parte dello stesso sarebbe comunque rimosso nel corso delle operazioni di taglio della muratura

spazi distributivi del piano terra dell'edificio polifunzionale.

g. Davanzali in conglomerato [SI]. Il progetto prevede di smontare questi elementi dalle murature perimetrali ove sono posti in opera, per reimpiegarli come elementi di seduta da collocare negli spazi aperti della nuova piazza. Oltre alle ipotesi adottate per il reimpiego di elementi, l'organizzazione dell'inventario ha consentito di proporre delle strategie di riciclo per quelle porzioni materiali dell'edificio che non potessero essere oggetto di riuso o per le quali tale esito non era previsto da progetto. I processi di riciclo prefigurati intendono privilegiare le operazioni da condurre *in situ*, cercando, ove possibile, di evitare il conferimento a impianti di trattamento. I materiali interessati possono essere raccolti in due macro-categorie, di seguito illustrate:

h. Laterizio delle murature perimetrali e delle partizioni interne [M.1, PAI.0]. Non tutta la superficie disponibile dei paramenti esterni delle palazzine viene utilizzata per le chiusure verticali dell'edificio polifunzionale. La parte rimanente, a seguito della rimozione dell'intonaco, viene frantumata in situ insieme ai laterizi delle partizioni interne e i materiali risultanti da questo processo sono impiegati come inerte per la produzione di conglomerato cementizio. Quest'ultimo vede due applicazioni all'interno del progetto: la prima come struttura portante dei vani scala dei nuovi edifici residenziali[6], la seconda come pavimentazione esterna della piazza.

i. Calcestruzzo armato, fondazioni in calcestruzzo, tavelle e pignatte in laterizio [CC, F, C.1, SO.1]. L'ipotesi di progetto prevede la frantumazione in situ di questi elementi, al fine di impiegarli per le sottofondazioni dei nuovi edifici.

(iv) Il processo progettuale adottato permette di ottenere dei risultati soddisfacenti in termini di gestione dei rifiuti da C&D. La sintesi di tali esiti è illustrata nella figura 13.12, che riproduce l'andamento dei flussi di materiale risultanti dal processo di decostruzione e demolizione divisi per elemento tecnico, in percentuale sul totale in peso. Tali flussi sono suddivisi sulla base di quattro categorie, a tre di esse (riuso, riciclo e smaltimento), che seguono la Gerarchia dei rifiuti nel determinare l'opzione più conveniente dal punto di vista ambientale, si aggiunge la possibilità di vendita a seguito del recupero, adottata gli elementi di copertura in laterizio per i quali non è previsto il reimpiego nel progetto. Per ciascuna categoria si registrano i seguenti valori, rapportati al totale in peso:

Tab. 13.2. Esito del processo progettuale: sintesi gestione dei rifiuti da C&D

Categoria	% sul totale
Riuso	12,94
Riciclo	72,67
Vendita	2,74
Smaltimento	11,65

6 - Nell'ambito della tesi di laurea, gli studenti hanno provveduto a realizzare, in modo artigianale, 12 provini di questo calcestruzzo utilizzando di volta in volta percentuali di inerte differente, in alcuni casi costituito da solo laterizio frantumato e in altri dall'unione di quest'ultimo e ghiaia. I provini sono stati sottoposti a prova di rottura e di conducibilità presso il Laboratorio di Scienza delle Costruzioni (Labsco) e il Laboratorio di Fisica Tecnica (Fistec) dell'Università Iuav al fine di verificare la loro idoneità agli impieghi previsti da progetto. Nel primo caso è stata registrata una tensione di rottura tra i 19,70 e i 31 MPa, una variabilità dovuta alle notevoli differenze in termini di componenti dei diversi impasti, mentre la conducibilità dei provini stagionati si è attestata su valori intorno all'1,2 W/mK

La figura 13.13 rappresenta invece il planivolumetrico di progetto con indicazione delle funzioni ospitate dai diversi fabbricati di nuova costruzione.

13.2.3. Analisi dei risultati

Gli esiti della sperimentazione permettono di trarre alcune conclusioni circa l'impiego del modello di strutturazione dell'inventario proposto.
Le soluzioni individuate dagli studenti hanno permesso di ipotizzare una percentuale sul totale, in peso, di rifiuti da C&D sottoposti a operazioni di riciclo e riuso superiore all'85%, la quale sale all'88% se si conteggia la vendita degli elementi di copertura. Questo risultato dimostra di collocarsi ben al di sopra dei minimi richiesti dalla Direttiva 2008/98/CE, fissati al 70%, evitando inoltre di adottare processi come recupero di energia e recupero di materia che, seppur meno vantaggiosi dal punto di vista ambientale, sono ammessi ai fini del target normativo. È dunque possibile affermare che l'audit pre-demolition suggerito permetta una gestione efficiente delle risorse generate dalle attività di costruzione e demolizione.
Sebbene sia strutturato per elementi edilizi al fine di incentivare il loro riuso, questo modello si distingue dal *reclamation audit*, il cui *template* è esaminato nel paragrafo 10.3 e riportato alla tabella 10.6, perché non esclude le possibilità di riciclo dei materiali. Ne è esempio il fatto che il paramento murario delle palazzine sia trattato attraverso due processi differenti, una parte venga separata in moduli reimpiegati per comporre la controparete dell'edificio polifunzionale e la restante porzione sia invece riciclata in situ per opere murarie e di pavimentazione. La visione complessiva delle risorse materiali a disposizione permette infatti di compiere un numero maggiore di valutazioni e di prefigurare scenari differenti. Mantenendo in corrispondenza diretta, all'interno del medesimo *template*, gli elementi tecnici e i materiali di cui essi sono composti, le alternative progettuali sono leggibili in modo molto più chiaro che non con la strutturazione di due inventari differenti, come invece avviene per i modelli esaminati nel capitolo 10. Se, in peso sul totale, la percentuale di materiali destinati a riciclo supera il 70%, il fatto che il medesimo dato, relativo al riuso, sia superiore al 12% non rappresenta inoltre una circostanza trascurabile.
L'organizzazione dell'inventario comprende la quantificazione in termini di peso dei materiali. Ciò è necessario non solo al fine di produrre un computo finale che sia raffrontabile con le richieste normative già menzionate, ma anche per contabilizzare i costi necessari per trasporto e trattamento dei flussi di materiale risultanti, i cui corrispettivi sono determinati in base al peso. Ciò nonostante, la scelta di inserire tra i parametri valutati anche la superficie parziale e totale per ciascun elemento edilizio (o, come specificato nel *template*, di altre unità di misura considerate significative) consente di adottare punti di vista differenti da quello convenzionale. L'episodio relativo alla muratura perimetrale delle palazzine costituisce, anche in questo caso, un esempio calzante. Se fossero state seguite delle linee guida per l'audit esistenti, questi paramenti sarebbero stati computati solamente in termini di peso e sottoposti a trattamenti che, nel migliore dei casi, ne avrebbero previsto la frantumazione e il riciclo in situ. Aver messo in luce una diversa forma della loro consistenza ha invece fatto sì che questo elemento venisse in parte destinato a reimpiego, evitando di comportare il *downcycling* di una componente materiale dalla considerevole rilevanza sul totale. Tali circostanze evidenziano come il modello proposto per l'audit rappresenti uno strumento in

grado di ampliare la portata delle scelte progettuali.
Un esito non irrilevante della sperimentazione condotta, derivante dall'ampiezza di possibilità progettuali che caratterizza la metodologia proposta, è manifestato dalle ricadute in chiave creativa proprie di questo processo. Come già esaminato, una strutturazione integrata di materiali ed elementi tecnici favorisce una consapevolezza delle risorse a disposizione che non è vincolata dall'adozione privilegiata dei processi di riciclo o di quelli di riuso. Mettendo in luce le molteplici potenzialità di questi materiali ed elementi essa ha contribuito a promuovere l'ideazione e il successivo perfezionamento di soluzioni costruttive ad hoc, incoraggiando i progettisti (in questo caso gli studenti) ad abbandonare più comuni "tecnologie rifugio" a loro già note e rivolte solamente a concretizzare un risultato formale prefissato. La necessità di ideare soluzioni costruttive per degli specifici materiali già in loco, toccati con mano nel corso dei sopralluoghi, ha indotto gli studenti ad approfondire le loro caratteristiche e proprietà e ad esplorare, per prova ed errore, i possibili processi di decostruzione, lavorazione e reimpiego fino alla definizione di soluzioni in grado di garantire i requisiti richiesti (fig. 13.14 e 13.15). Sulla base di tali premesse, l'audit pre-demolizione suggerito si dimostra uno strumento che promuove la flessibilità e la creatività del *Reuse Design Project,* inteso come prodotto dell'ingegno del progettista.
I risultati della sperimentazione qui analizzati convergono nell'indicare che la metodologia proposta si rivela adeguata a promuovere il recupero, finalizzato al successivo reimpiego in edifici di nuova progettazione, di elementi edilizi appartenenti al costruito esistente, senza al contempo escludere che sia ipotizzato per loro un trattamento di riciclo, ove ritenuto più idoneo.

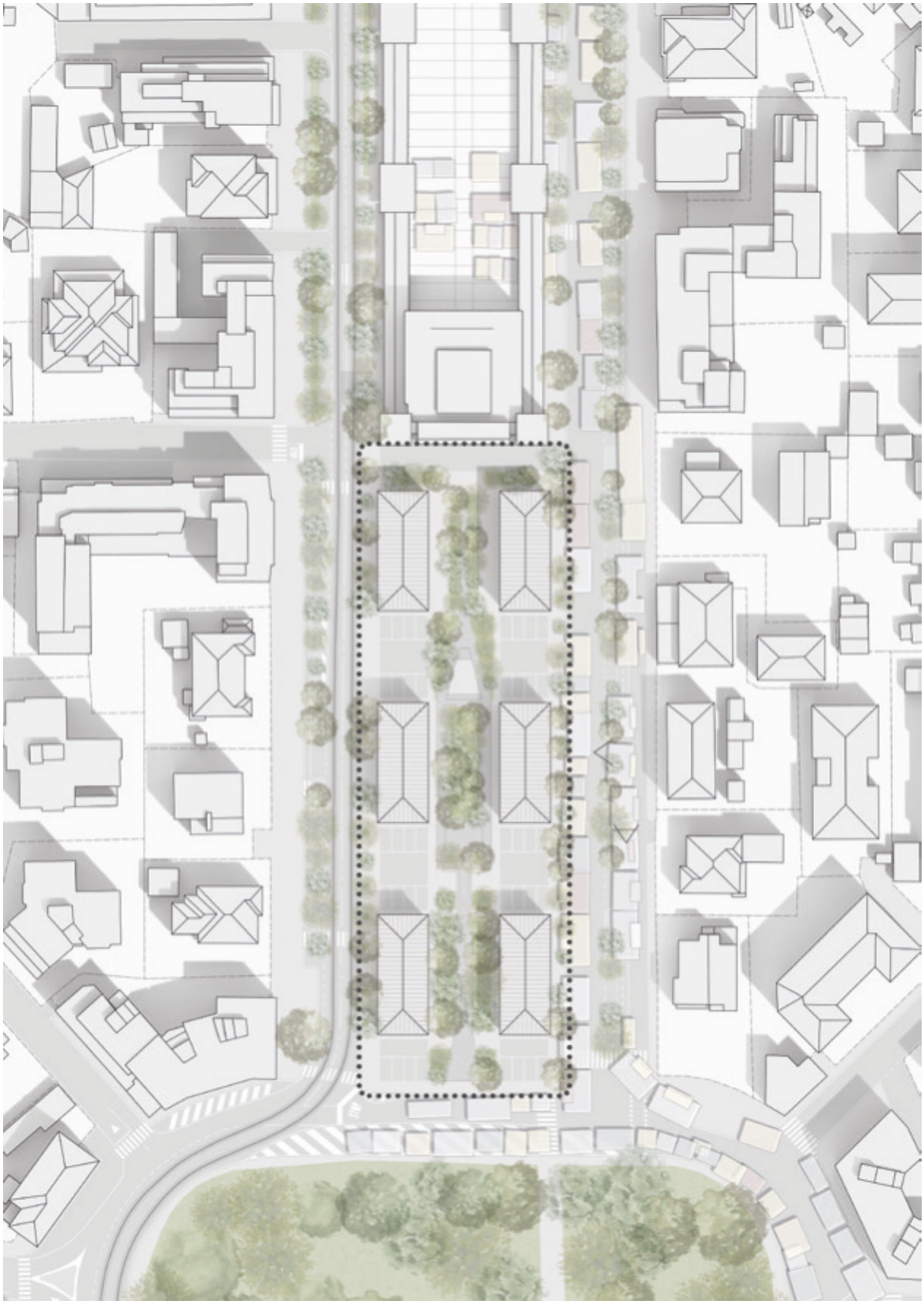


Fig. 13.1: inquadramento dell'area oggetto di studio, stato di fatto (AGC e BV)



Fig. 13.2, 13.3, 13.4, 13.5. Viste delle palazzine e delle aree limitrofe (M. Condotta)

Fig. 13.6. Vista dall'alto del complesso e di Piazza Mercato (AGC e BV)





Figg. 13.7, 13.8. Elaborazione grafica rappresentativa di alcuni degli interni visitati (AGC e BV)

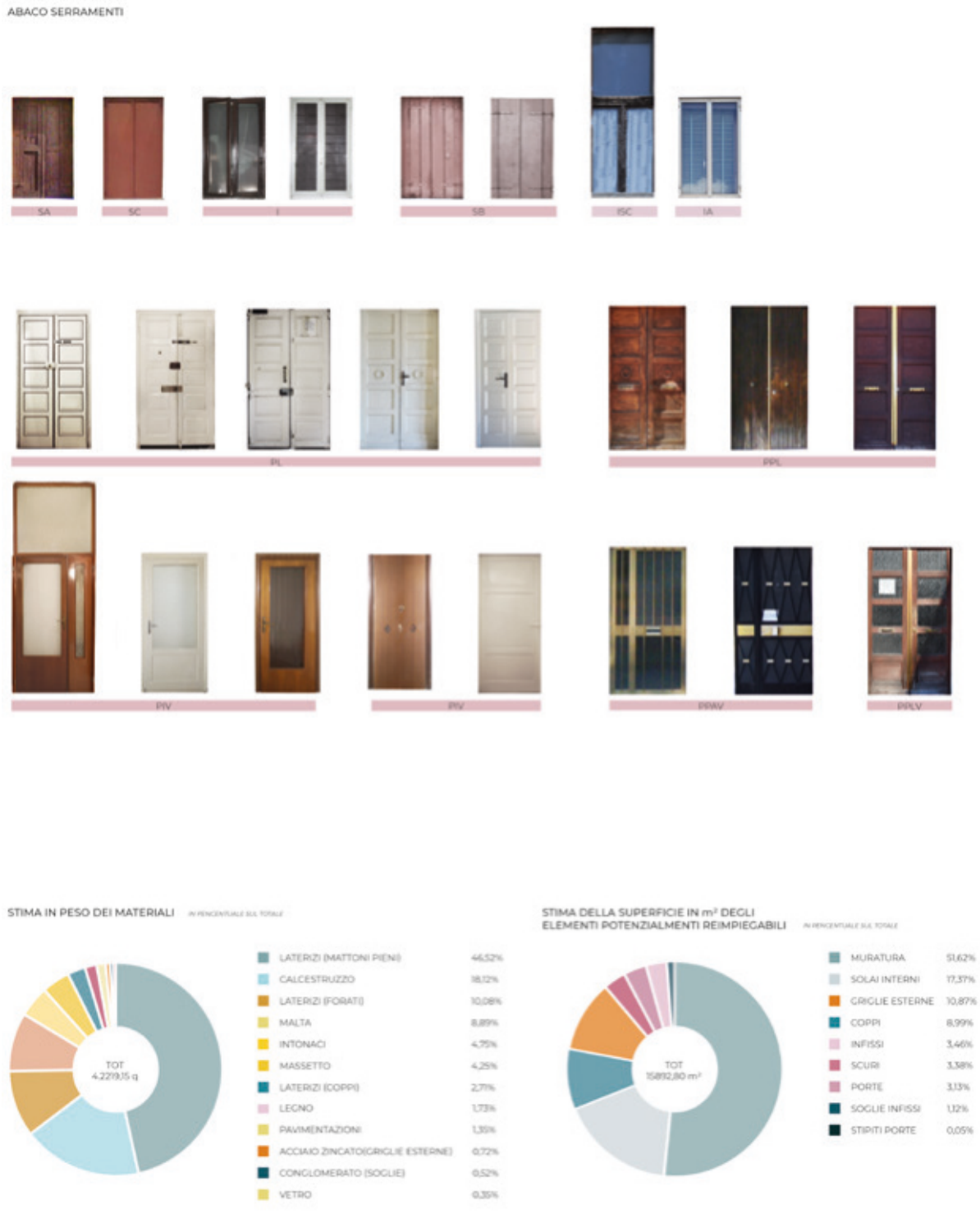




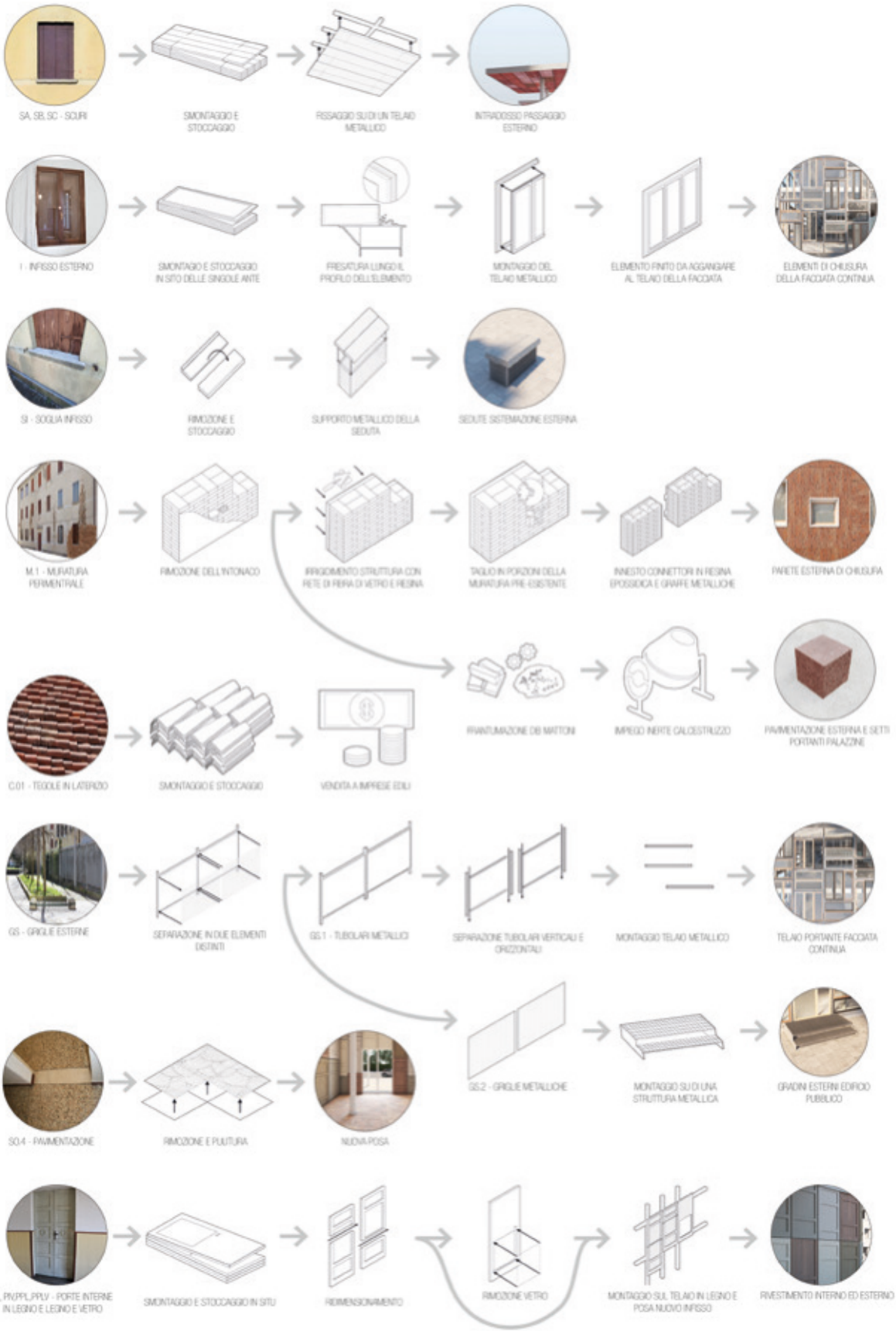
	raccolta dati elemento tecnico							raccolta dati ...	
	codice elemento tecnico	ELEMENTO TECNICO	DESCRIZIONE	UBICAZIONE	CONSISTENZA ELEMENTO			CODICE MATERIALE	MATERIALI ...
					SUP UNITA' (m^2)	UNITA'	TOTALE (m^2)		TIPO
RIF. NORMATIVI		UNI 8290							CE, 2016
Fondazioni	F	1.1.1 Strutture di fondazione dirette	Fondazione diretta in calcestruzzo con inerti di medie/grandi dimensioni		45,6	6	273,6		inerte
Muratura perimetrale	M	1.2.1 struttura elevazione verticale 2.2.1 parete perimetrale verticale	Muratura perimetrale in laterizi pieni a due teste con legante in malta cementizia e intonaco ambo i lati		551,33	6	3307,98	M.1	inerte
								M.2	inerte
								M.3	inerte
Cordolo copertura	CC	1.2.2 Struttura di elevazione orizzontale	Cordolo superiore alla muratura perimetrale in calcestruzzo armato sezione 50cmx50cm		33,6	6	201,6		inerte
Stipiti porte esterne	SP	2.1.1 Parete perimetrale verticale	Cornice della porta esterna principale. Elementi: 2x (280cmx20cm) 1x(150cmx20cm)		1,42	6	8,52		inerte
davanzali fori finestre	SI	2.1.1 Parete perimetrale verticale	Davanzali fori finestre in conglomerato 160cmx30cmx5cm		0,48	372	178,56		inerte
portoncini ingresso in alluminio e vetro	PPAV	2.1.2 Infissi esterni verticali	Portoncino d'ingresso in alluminio e vetro 110cmx210cm		2,31	2	4,62	PPAV.1	non inerte non pericoloso
								PPAV.2	inerte
portoncini principale in legno	PPL	2.1.2 Infissi esterni verticali	Portoncino d'ingresso in legno 110cmx210cm		2,31	3	6,93		non inerte
portoncini principale in legno e vetro	PPLV	2.1.2 Infissi esterni verticali	Portoncino d'ingresso in legno e vetro 110cmx210cm		2,31	1	2,31	PPLV.1	non inerte
								PPLV.2	non inerte
Infisso esterno scale	ISC	2.1.2 Infissi esterni verticali	Infisso esterno vano scale doppia anta in legno 300cmx100cm		3,6	6	21,6	ISC.1	non inerte
								ISC.2	non inerte
Infisso esterno in legno	I	2.1.2 Infissi esterni verticali	Infisso esterno in legno a filo interno a doppia anta 100cmx160m		1,6	324	518,4	I.1	non inerte
								I.2	non inerte
Infisso esterno in alluminio	IA	2.1.2 Infissi esterni verticali	Infisso esterno in alluminio a filo esterno 100cmx160m		1,6	6	9,6	IA.1	non inerte non pericoloso
								IA.2	non inerte
Scuri in legno A	SA	2.1.2 Infissi esterni verticali	Scuri di tipo A in assi di legno 100cmx160m		1,6	122	195,2		non inerte
Scuri in legno B	SB	2.1.2 Infissi esterni verticali	Scuri di tipo B in assi di legno 100cmx160m		1,6	136	217,6		non inerte
Scuri in legno C	SC	2.1.2 Infissi esterni verticali	Scuri di tipo C in assi di legno 100cmx160m		1,6	78	124,8		non inerte
Copertura	C	2.4.1 Coperture	Copertura in coppi su tavelle forate e travetti precompressi		238,14	6	1428,84	C.1	inerte
								C.2	inerte
								C.3	inerte
Porte interne in legno	PI	3.1.2 Infissi interni verticali	Porte interne in legno dimensione 0,8x2,10m		1,68	240	403,2		non inerte
Porte interne in legno e vetro	PIV	3.1.2 Infissi interni verticali	Porte interne in legno e vetro 0,8x2,10m		1,68	48	80,64	PIV.1	non inerte
								PIV.2	non inerte
Muri interni portanti	MIS	3.1.1 Pareti interne verticali	Pareti interne in laterizio pieno e intonaco		360	6	2160	MIS.1	inerte
								MIS.2	inerte
Muri interni non portanti	MI	3.1.1 Pareti interne verticali	Pareti interne in laterizio forato e intonaco		456	6	2736	MI.1	inerte
								MI.2	inerte
Solai interni	SO	3.2.1 Partizione interna orizzontale: solai	Solai interni in laterocemento, massetto (12 + 4) e finitura in piastrelle.		460	6	2760	SO.1	inerte
								SO.2	inerte
								SO.3	inerte
								SO.4	inerte
Scale interne	SCA	3.4.1 Scale interne	Scale interne in calcestruzzo e pavimentazione in agglomerato. Sono presenti 4 rampe, l. 9.60m		15,8	6	94,8	SCA.1	inerte
								SCA.2	inerte
Griglie di separazione esterne	GS	4.1.2 Elementi di separazione	Grigliato metallico esterno di 4mx2,50m		78,00	6	468	GS.1	non inerte
					288		1728	GS.2	non pericoloso

Figg. 13.9. Inventario dei materiali ed elementi (AGC e BV)

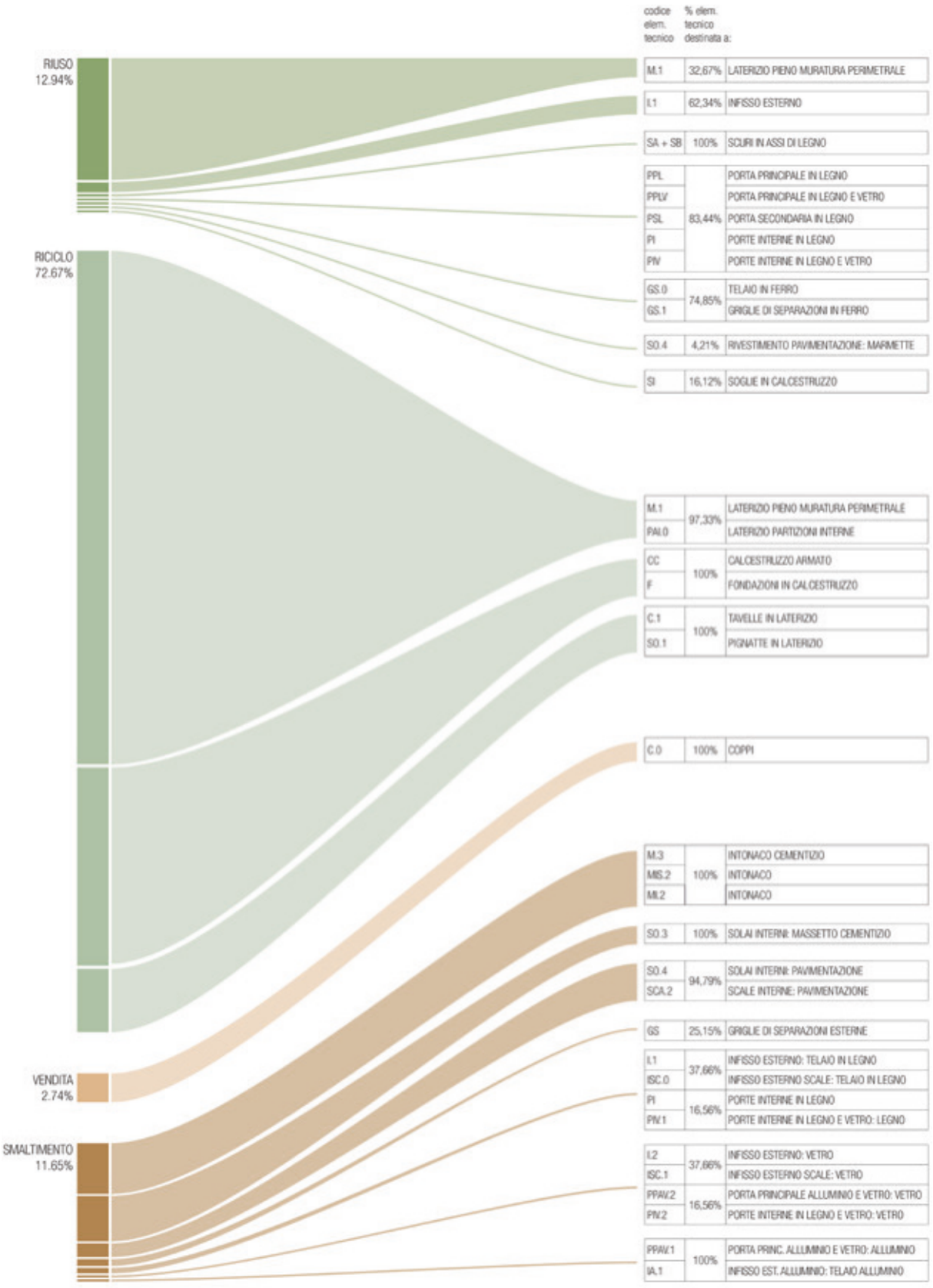
... MATERIALI CONTENUTI					valutazione materiali		valutazione elemento
... CONTENUTI		CONSISTENZA MATERIALI					
IDENTIFICAZIONE	COD. RIFIUTO (cer)	QUANTITA' (kg)	UNITA'	TOTALE (kg)	ESITO POSSIBILE CDW (gerarchie rifiuti)	ESITO PREFERIBILE CDW	STATO CONSERVAZIONE ELEMENTO
	2014/955/UE				2008/98/CE	2008/98/CE	
calcestruzzo	17.01.01	54.720,00	6	328.320,00	riciclaggio , smaltimento	riciclaggio	Cordolo di fondazione perimetrale con altezza fuori terra di centimetri 10, presenta delle risalite di umidità lungo il perimetro.
laterizio pieno	17.01.02	183.328,25	6	1.099.969,51	riutilizzo, riciclaggio, smaltimento	riutilizzo	La muratura è conservata in buono stato con esclusione di porzioni di intonaco estese, nelle facciate verso est e interne al lotto, soggette ad ammaloramento.
malta cementizia	17.01.07	62.520,82	6	375.124,93	riciclaggio, smaltimento		
intonaco di cemento	17.01.07	33.079,80	6	198.478,80	riciclaggio, smaltimento		
calcestruzzo armato	17.01.01	45.360,00	6	272.160,00	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	Cordolo di copertura presenta i ferri dell'armatura a vista a seguito del distaccamento dell'intonaco.
conglomerato	17.01.07	553,80	6	3.322,80	riutilizzo, riciclaggio, smaltimento	riutilizzo	Stipiti presentano colature nell'elemento superiore. Non sono presenti distaccamenti di materiali.
conglomerato	17.01.07	49,92	372	18.570,24	riutilizzo, riciclaggio, smaltimento	riutilizzo	(*) Davanzali infissi presentano in minima parte della patina biologica.
Alluminio	17.04.02	23,10	2	46,20	riutilizzo, riciclaggio, smaltimento	riutilizzo	I portoncini d'ingresso risultano essere in un buon stato di conservazione.
Vetro	17.02.02	34,65	2	69,30	riutilizzo, riciclaggio,smaltimento	riutilizzo	
Legno	17.02.01	69,30	3	207,90	riutilizzo, riciclaggio, recupero energia, smaltimento	riutilizzo	
Legno	17.02.01	34,65	1	34,65	riutilizzo, riciclaggio, recupero energia, smaltimento	riutilizzo	
Vetro	17.02.01	28,88	1	28,88	riutilizzo, riciclaggio, recupero energia, smaltimento	riutilizzo	
Legno	17.02.01	276,00	6	1.656,00	riutilizzo, riciclaggio, recupero energia, smaltimento	riutilizzo	(*) Gli infissi esterni risultano essere in un buon stato di conservazione.
vetro	17.02.02	90,00		540,00	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	
Legno	17.02.01	156,00	324	50.544,00	riutilizzo, riciclaggio, recupero energia, smaltimento	riutilizzo	
vetro	17.02.02	40,00		12.960,00	riciclaggio, smaltimento		
Alluminio	17.04.01	15,60	6	93,60	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	
Vetro	17.02.02	40,00		240,00	riciclaggio, smaltimento	riclaggio	
Legno	17.02.01	38,40	122	4.684,80	riutilizzo, riciclaggio, recupero energia, smaltimento	riutilizzo	(*) Gli scuri verniciati presentano delle porzioni ammalorate superficialmente e tre risultano chiusi con schiuma e assi di legno.
Legno	17.02.01	38,40	136	5.222,40	riutilizzo, riciclaggio, recupero energia, smaltimento	riutilizzo	
Legno	17.02.01	38,40	78	2.995,20	riutilizzo, riciclaggio, recupero energia, smaltimento	riutilizzo	
laterizio (coppi)	17.01.07	19.051,20	6	114.307,20	riutilizzo, riciclaggio, smaltimento	riutilizzo	(*)La copertura risulta essere in buono stato.
laterizio (tavelle)	17.01.07	8.334,90	6	50.009,40	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	
calcestruzzo armato	17.01.01	5.060,48	6	30.362,85	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	
Legno	17.02.01	30,24	240	7.257,60	riutilizzo, riciclaggio recupero energia, smaltimento	riutilizzo	(*) Le porte interne risultano in un buon stato di conservazione.
Legno	17.02.01	15,12	48	725,76	riutilizzo, riciclaggio, recupero energia, smaltimento	riutilizzo	
vetro	17.02.02	21,00		1.008,00			
laterizio pieno	17.01.02	144.000,00	6	864.000,00	riutilizzo, riciclaggio, smaltimento	riutilizzo	I muri interni portanti risultano in un buon stato di conservazione.
intonaco di gesso	17.08.02	162,00	6	972,00	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	
laterizi forati	17.01.07	29.184,00	6	175.104,00	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	I muri interni non portanti risultano in un buon stato di conservazione.
intonaco di gesso	17.08.02	205,20	6	1.231,20	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	
laterizio (pignatte)	17.01.07	33.442,00	6	200.652,00	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	I solai interni risultano in un buon stato di conservazione.
calcestruzzo armato	17.01.01	15.640,00	6	93.840,00	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	
massetto cementizio	17.01.07	29.900,00	6	179.400,00	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	
pavimentazione (coglomerato)	17.01.03	9.200,00	6	55.200,00	riutilizzo, riciclaggio, smaltimento	riutilizzo	
calcestruzzo armato	17.01.01	6.715,00	6	40.290,00	riciclaggio, smaltimento	riciclaggio	Le scale interne risultano in un buon stato di conservazione.
pavimentazione (conglomerato)	17.01.03	316,00	6	1.896,00	riutilizzo, riciclaggio, smaltimento	riutilizzo	
Tubolari in ferro	17.04.05	744,90	6	4.469,40	riutilizzo, riciclaggio, smaltimento	riutilizzo	Le griglie di separazione esterne risultano essere in un buon stato di conservazione.
Griglie in ferro		4.320,00		25.920,00			



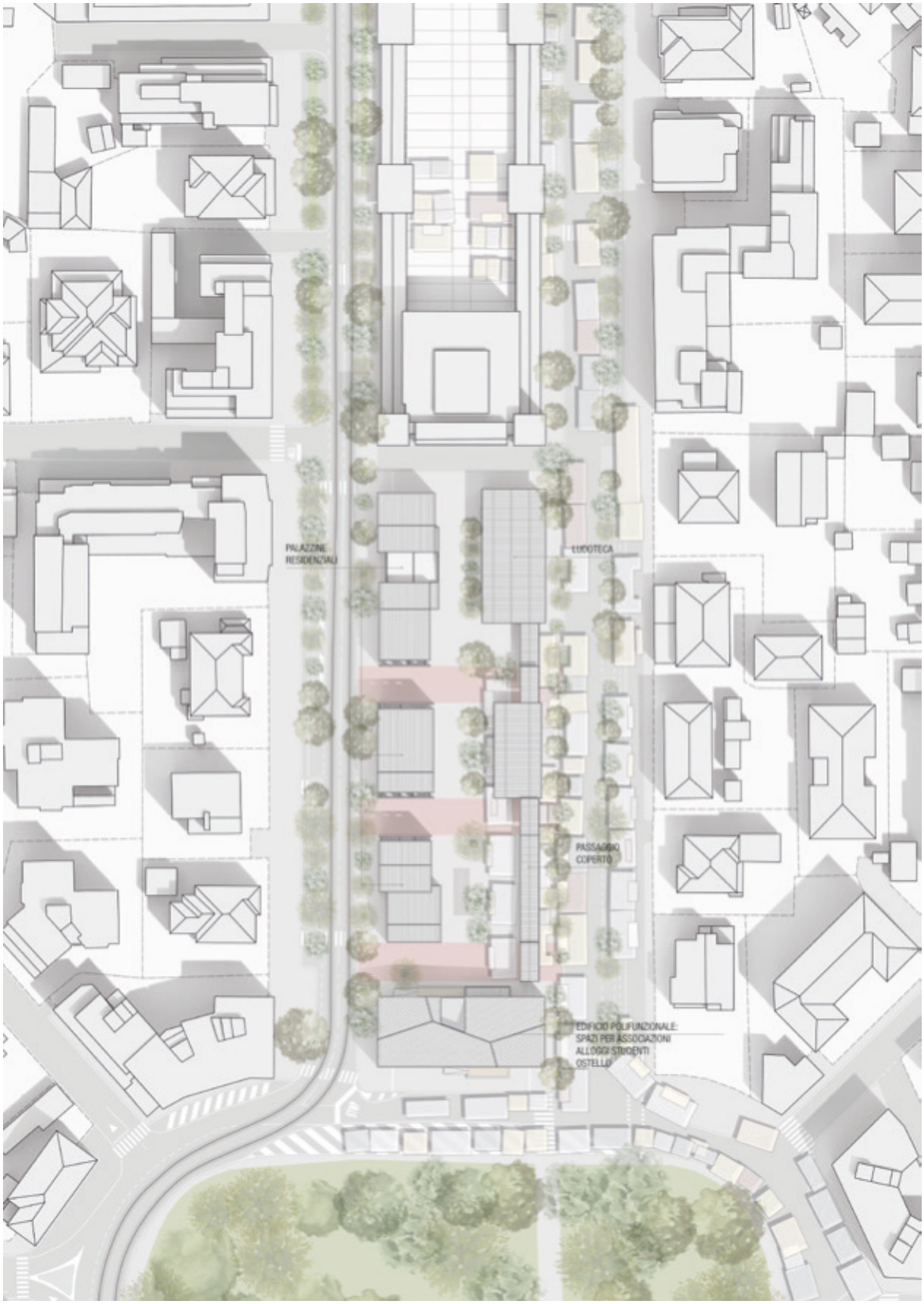
Figg. 13.10. Inventario: abachi serramenti e grafici riassuntivi (AGC e BV)



Figg. 13.11. Ipotesi di applicazione degli elementi e materiali recuperati: fasi e lavorazioni (AGC e BV)



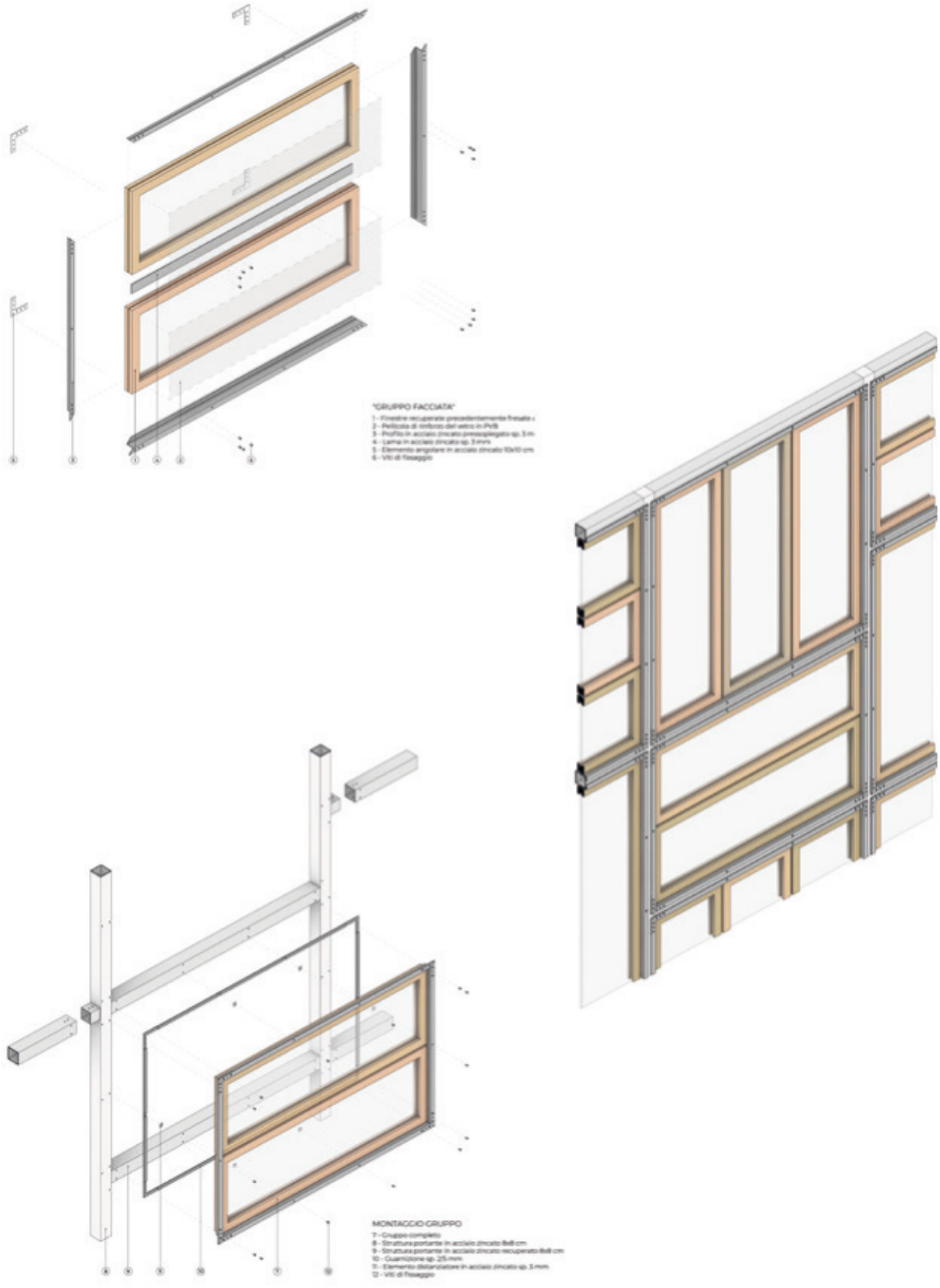
Figg. 13.12. Esito del processo progettuale in termini di gestione delle risorse materiali: analisi dei flussi (AGC e BV)



Figg. 13.13. Esito del processo progettuale: planimetria di progetto (AGC e BV)



Figg. 13.14. Analisi delle murature esistenti per studiarne i tagli ed esito della ricomposizione sui fronti delle facciate dell'edificio polifunzionale (AGC e BV)



Figg. 13.15. Dettaglio del sistema di montaggio del "gruppo finestra" all'interno del telaio metalico per la serra della ludoteca (AGC e BV)

13.3. Valutazione della sostenibilità ambientale: il caso del riuso delle porzioni di muratura

13.3.1. Descrizione del metodo adottato

L'applicazione del modello di audit pre-demolizione, *output* della ricerca, ha dimostrato come questo strumento permetta ai progettisti di esplorare nuove opzioni in merito alla gestione delle risorse materiali derivanti dalle attività di C&D, reintegrandole in un fabbricato di nuova realizzazione. Seppur questo avvalori le premesse concettuali di ordine ambientale, progettuale ed espressivo proprie dell'approccio del RDP, come indagato nella prima fase dello studio del presente capitolo, per determinare la validità trasversale della metodologia proposta è necessario esaminarne sia la sostenibilità tecnico-economica che le sue effettive ricadute in termini di impatti incorporati.
A tal fine, la seconda fase dello studio valuta il processo nel dettaglio delle operazioni relative a uno degli elementi costruttivi reimpiegati: la muratura perimetrale in laterizio a due teste [elemento edilizio M.1] (processo illustrato a partire dalla fig. 13.18). La scelta di analizzare questo specifico componente deriva da due motivazioni differenti. Da un lato, come è rilevabile dalle figure 13.9 e 13.12, esso rappresenta il fattore più rilevante, in peso, dei flussi da C&D; dall'altro, si tratta di un elemento tecnico facilmente riscontrabile nei tipi edilizi appartenenti al target dell'audit, ovvero il costruito esistente edificato dal Secondo dopoguerra agli anni Settanta. Queste due circostanze definiscono la muratura come il componente più significativo del progetto sul quale verificare la validità del metodo proposto.
Allo scopo di svolgere l'indagine è stato necessario stabilire un termine di paragone che permettesse di mettere a confronto l'efficacia dell'ipotesi di reimpiego con quella di demolizione convenzionale sotto il profilo economico ed energetico. L'analisi ha quindi indagato le scelte progettuali e costruttive relative alla gestione dell'elemento M.1 all'interno di due scenari differenti entro i quali potrebbe essere sviluppato il progetto di nuova costruzione illustrato nel paragrafo 13.2. Il primo di essi è quello di reimpiego (*Reuse Design Project*), mentre il secondo è rappresentato dal processo di tipo convenzionale, che non prevede l'uso delle risorse materiali generate dalla demolizione nel realizzare i nuovi fabbricati[7]. Ad accomunare i due scenari è l'esito del processo progettuale, ovvero la realizzazione di un rivestimento esterno in laterizio faccia a vista per il nuovo edificio polifunzionale. A renderli differenti sono, invece, le operazioni che, in un caso o nell'altro, vengono intraprese per realizzare tale paramento, a livello di attività di demolizione o decostruzione, di approvvigionamento di nuovi materiali o di reimpiego e dei conseguenti sistemi costruttivi utilizzati. È stato dunque operato un confronto tra:

(i) il *workflow* proprio del processo di riuso del paramento murario come da ipotesi progettuale, attraverso la sua suddivisione in moduli separati e rimossi individualmente, al fine di re-installarli come contro-parete esterna dell'edificio

7 - Non è possibile determinare quali siano, in termini generali, i trattamenti cui sono sottoposti i rifiuti da C&D esito della demolizione, poiché essi spaziano dal conferimento in discarica al riciclo (quest'ultimo principalmente condotto presso impianti, anche se, in alcuni casi, avviene in situ per operazioni di riempimento). L'ipotesi assunta nel caso in esame è che questi materiali siano trattati *off-site*, rispecchiando la prassi abituale nel settore, e che dunque le risorse associate a tali flussi materiali non siano riutilizzabili nelle nuove costruzioni.

[*Reuse Design Project*]; e

(ii) l'insieme delle attività e operazioni che sarebbero comunemente condotte, al giorno d'oggi, per la realizzazione ex-novo di un rivestimento in laterizio pieno faccia a vista del medesimo fabbricato, senza considerare la muratura esistente quale risorsa materiale e avviandola a processi di trattamento *off-site* [processo convenzionale].

Parametrizzazione degli impatti indiretti: relazioni tra elemento edilizio e intero processo.

Proprio in virtù della diversità dei due approcci, in entrambi i casi la gestione del singolo elemento tecnico viene contestualizzata all'interno del rispettivo processo generale completo. Questo rappresenta, infatti, il solo modo per considerare quale incidenza possiedano, sullo specifico *workflow* della muratura in laterizio, le altre fasi e operazioni del procedimento. È infatti possibile che esse influiscano, in forma indiretta, sui costi energetici ed economici finali propri del processo di realizzazione del nuovo paramento in laterizio.

Nel caso della muratura perimetrale, l'incidenza delle altre fasi è rappresentata dalla diversa gestione che viene fatta, nei due scenari esaminati, dei solai e dei muri interni delle palazzine esistenti. Infatti, nello scenario convenzionale questi componenti sono demoliti in modo distruttivo unitamente al resto dell'edificio cui appartengono, mentre, nello scenario del RDP, sono smantellati con adeguata cautela man mano che le porzioni murarie vengono rinforzate e rimosse. Ciò comporta delle evidenti differenze in termini di lavorazioni e di tempistiche, che si riflettono obbligatoriamente sugli impatti incorporati e sui costi del paramento di riuso. L'esito delle operazioni di demolizione e decostruzione di copertura, solai e muri interni è, dal punto di vista dei flussi materiali, lo stesso – ovvero del frantumato misto di laterizio e calcestruzzo (più il ferro dei travetti). Ciò nonostante, nel secondo scenario tale materiale viene trattato *off-site*, comportando trasporti e spese di conferimento, mentre nel primo viene riciclato *on-site*, riducendo la necessità di "nuove" materie prime che non vengono, dunque, acquistate.

Come appare evidente, il computo di costi e impatti incorporati non è di semplice determinazione nel momento in cui si prendono in esame quelli di tipo indiretto. Al fine di tenere in considerazione questi fattori, la scelta metodologica è stata quella di individuare un'unità in funzione della quale parametrare le variabili descritte, che fosse, in entrambi gli scenari, rappresentativa del procedimento: il volume edificato di progetto.

Se si considera, infatti, come i processi di demolizione nei centri urbani siano quasi sempre finalizzati alla realizzazione di nuovi fabbricati, anche le sei palazzine dell'area in esame sono demolite per "recuperare" volume da edificare; solamente nello scenario di *Reuse Design Project* qui proposto tale processo consente, in parallelo, il recupero di risorse materiali. In questa prospettiva, si può sostenere che l'energia e il carbonio incorporati nei materiali demoliti, uniti all'energia consumata in modo diretto per le operazioni di demolizione e trasporto dei relativi rifiuti, siano "spesi" al fine di ottenere cubatura edificabile. Tale punto di vista individua nei fabbricati di futura realizzazione una sorta di "impronta" originaria, in termini di energia e carbonio, incorporata in essi sin da prima dell'avvio della costruzione sulla base del volume edificabile che rappresentano. Da tale ragionamento deriva la scelta di parametrare i costi e gli impatti ambientali generati dal processo in

termini di metri cubi di nuova edificazione [m^3_{edif}].
Questa strategia di allocazione determina che i costi e gli impatti energetici delle attività di demolizione o decostruzione e della conseguente CO_{2eq} generata siano parametrati al volume complessivo[8] previsto da progetto [V_{tot}], costituito dall'insieme di edificio polifunzionale, residenze e ludoteca:

[impatto costi della demolizione su volume totale] [1a]

$$[1a] = \frac{\text{costo totale demolizione}}{\text{V tot}} \left[\frac{€}{m^3}\right]$$

[impatto energia incorporata sul volume totale] [1b]

$$[1b] = \frac{\text{E demolizione}}{\text{V tot}} \left[\frac{kWh}{m^3}\right]$$

[impatto carbonio incorporato su volume totale] [1c]

$$[1c] = \frac{CO_2 \text{ demolizione}}{\text{V tot}} \left[\frac{tCO_{2eq}}{m^3}\right]$$

Per definire come tali impatti incidano su di un singolo elemento edilizio, ciascuno di essi [1a] [1b] [1c] va in primo luogo riferito al volume dell'intero edificio di cui l'elemento fa parte [2], per essere successivamente parametrato al volume totale dei materiali[9] utilizzati per la costruzione dello specifico fabbricato [3] e infine computati per lo specifico elemento edilizio in base al volume dello stesso [4]:

[impatto singolo edificio] [2]

$$[2] = [\text{impatto su volume totale}] \times V_{edificio}\ [kWh], [tCO_{2eq}]$$

[impatto su m3 complessivi materiali edificio] [3]

$$[3] = \frac{[\text{impatto singolo edificio}]}{\text{V materiali edificio}} \left[\frac{kWh}{m^3}\right], \left[\frac{tCO_{2eq}}{m^3}\right]$$

[impatto su elemento edilizio] [4]

$$[4] = [\text{impatto su } m^3 \text{ compl. mat. edificio}] \times V_{el.\ edilizio}\ [kWh], [tCO_{2eq}]$$

Questo procedimento [1] [2] [3] [4] illustra come gli impatti indiretti, propri dei *workflow* dei due scenari, siano stati parametrati a uno specifico elemento edilizio: nel caso in esame il nuovo paramento murario dell'edificio polifunzionale[10]. Tali impatti, sommati a quelli di tipo diretto, sono stati esaminati per ciascuna delle fasi che compongono i due procedimenti in termini di costi, energia e ore di manodopera.

8 - In tutti questi calcoli il volume viene sempre computato come vuoto per pieno (vpp).

9 - Si intende il volume effettivo dei componenti massivi dell'edificio in esame (struttura, pacchetti dei solai e dell'involucro edilizio).

10 - Considerando che il volume del nuovo fabbricato corrisponde al 38% del volume complessivo di progetto – composto da residenze, ludoteca ed edificio in esame – e che il volume del nuovo paramento faccia a vista rappresenta il 15%, in termini di volume, dei componenti massivi dell'edificio, il fattore di conversione impiegato nell'indagine è pari a 0,38 x 0,15 = 0,057.

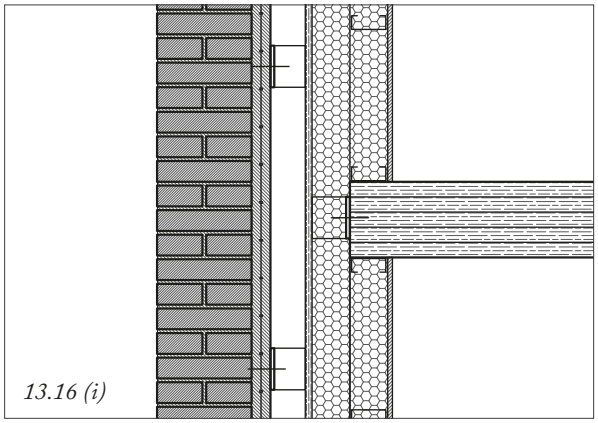
Confronto dei due scenari

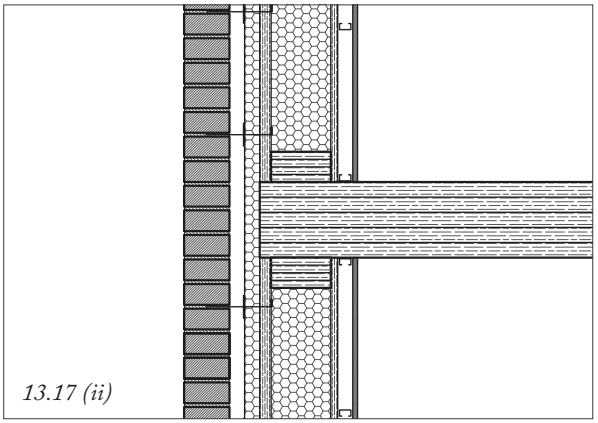
Gli scenari anticipati ai punti (i) e (ii) fanno riferimento a esiti molto simili tra loro, anche rispetto alle tecniche costruttive impiegate, e differiscono solamente nella misura necessaria a consentire la diversa realizzazione del paramento faccia a vista, di reimpiego nel primo caso e nuovo nel secondo, nonché del suo fissaggio alla struttura. Con le dovute differenze dettate dalle soluzioni costruttive adottate, le stratigrafie dei due scenari sono state ipotizzate il più possibile simili tra di loro, così da rendere le chiusure verticali (i) e (ii) conformi dal punto di vista prestazionale e dunque confrontabili sotto il profilo economico e degli impatti incorporati. Le seguenti tabelle 13.3 e 13.4, unite alle figure 13.16 e 13.17, permettono di confrontare gli strati funzionali dei due diversi pacchetti:

(i) scenario Reuse Design Project: pacchetto chiusura verticale
Controparete in cartongesso, 12,5 mm
Intercapedine con sottostruttura di montanti e correnti in alluminio, 100 mm
Strato di isolamento in lana di roccia (inserito nell'intercapedine della controparete), 100mm
Strato di isolamento in lana di roccia, 100mm
Pannello OSB, 18 mm
Intercapedine di 40 mm
Telaio "balloon frame" di ancoraggio del paramento murario di riuso ai solai dell'edificio, realizzato in montanti di lamellare di sezione 80x160 mm, interasse 150 cm. Compresi staffaggi in acciaio zincato (staffe 90x50x110 mm tipo Rothoblaas WBR 90110) per l'ancoraggio ai solai dell'edificio e per il fissaggio del paramento di riuso al telaio stesso.
Controparete composta dall'assemblaggio di moduli in muratura di riuso, lavorati sulle coste con scanalature e piastre in acciaio per realizzazione di incastri maschio-femmina

(ii) scenario processo convenzionale: pacchetto chiusura verticale
Controparete in cartongesso, 12,5 mm
Intercapedine con sottostruttura di montanti e correnti in alluminio, 40 mm
Pannello OSB, 18 mm
Telaio "platform frame" di ancoraggio della controparete in laterizio di nuova realizzazione all'edificio, realizzato con montanti e correnti in microlamellare di sezione 80x160 mm, interasse montanti 100 cm. Compresi staffaggi in acciaio zincato (staffe 90x50x110 mm tipo Rothoblaas WBR 90110) per vincolare tra loro montanti e correnti.
Strato di isolamento in lana di roccia, 160 mm
Pannello OSB, 30 mm
Strato di isolamento in lana di roccia, 40 mm
Intercapedine di 60 mm
Controparete in laterizio a una testa di nuova costruzione, realizzata a umido. Compresi perni di collegamento in acciaio inox della controparete in laterizio di nuova realizzazione al retrostante pannello di OSB, ø 3,3 mm, L 200+50 mm, in misura di 6 per ogni pannello.

Tab. 13.3 e 13.4. Confronto tra i pacchetti costruttivi ipotizzati negli scenari (i) e (ii), nel quale sono evidenziati gli elementi che fanno differire per tipo o quantità di elementi le soluzioni costruttive.





Figg. 13.16 e 13.17. Schemi delle stratigrafie ipotizzate per le chiusure verticali dell'edificio polifunzionale nel caso del Reuse Design Project (i) e del processo convenzionale (ii).

Come si nota dal confronto operato nelle tabelle e nelle figure menzionate, alcuni elementi ricorrono in entrambi i casi: gli strati isolanti in lana di roccia del medesimo spessore complessivo, la controparete interna in cartongesso completa di sottostruttura e uno strato di *Oriented Strand Board* da 18 mm. I paramenti in laterizio poggiano in entrambi i casi su un cordolo basamentale e, per tale ragione, il loro vincolo alla struttura retrostante è stato studiato al fine di ottenere resistenza alle spinte orizzontali e di renderle solidali all'edificio, considerando che il peso della muratura scarichi a terra. Le intercapedini d'aria sono, in entrambi i casi, non ventilate.
Allo scopo di concentrare l'analisi sulle differenze che si riscontrano esaminando i procedimenti costruttivi, il calcolo relativo ai costi e agli impatti incorporati dei due scenari è stato effettuato esclusivamente in merito agli elementi e ai materiali per i quali essi differiscono, diversità dovute alle caratteristiche della controparete esterna in laterizio realizzata nei due casi. Mentre tale paramento nello scenario del processo convenzionale viene realizzato a umido e a una testa (ii), il RDP prevede il reimpiego della muratura esistente attraverso il mantenimento – per quanto possibile – della sua integrità (i).
Lo scenario del *Reuse Design Project* richiede che sia progettata la decostruzione delle palazzine esistenti attraverso una attenta pianificazione delle fasi, finalizzata non solo a riutilizzare quanto più possibile delle chiusure verticali senza danneggiarle, ma anche a ottimizzare il successivo montaggio delle sezioni murarie e la gestione delle stesse in cantiere
A tal fine, come illustrato dalle figure 13.18, 13.19, 13.20 e 13.21, le attività di decostruzione degli edifici esistenti procedono dall'ultimo piano fino a terra, attraverso gli *step* di seguito descritti:

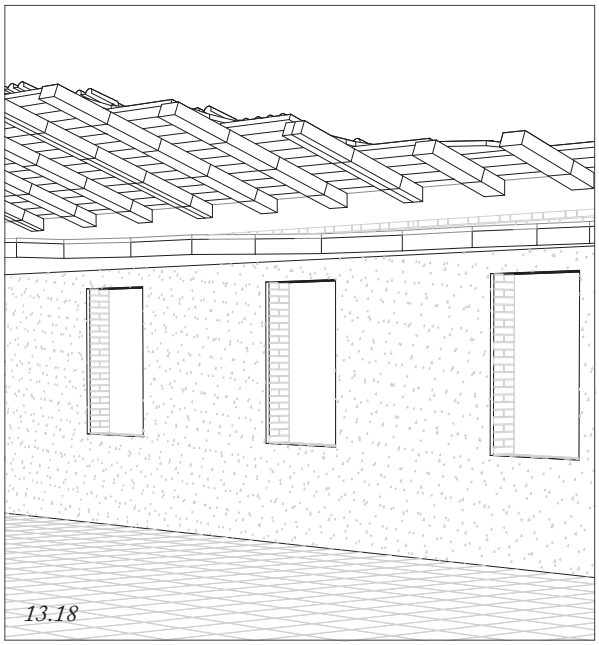
(i) Decostruzione 1 (DC1), attività preparatorie: rimozione intonaco interno (DC1.1) ed esterno (DC1.2), stesura di un rinforzo in betoncino di calcestruzzo con rete elettrosaldata (DC1.3) per tutti i piani dell'edificio;

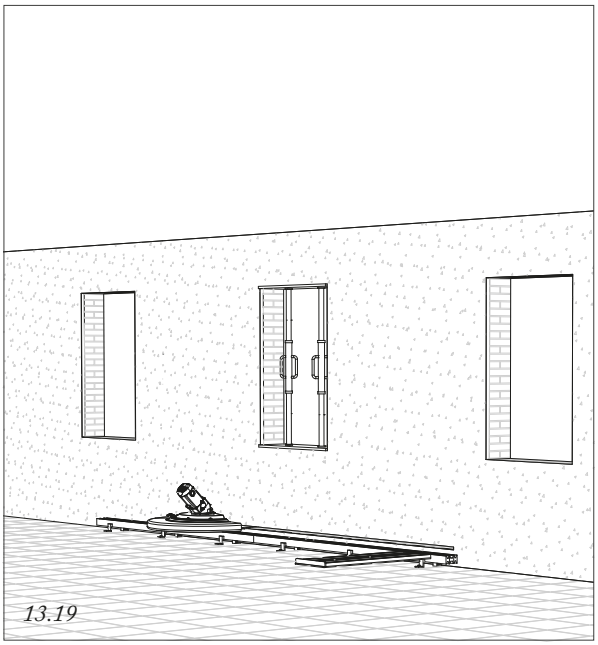
(ii) Decostruzione 2 (DC2), demolizione di altre parti di edificio: demolizione copertura o solaio superiore alla porzione di muratura che si intente tagliare e rimuovere (DC2.1), nonché di ogni muro portante (DC2.2) o tramezza (DC2.3) la cui demolizione sia necessaria per operare al meglio la divisione in sezioni della muratura perimetrale;

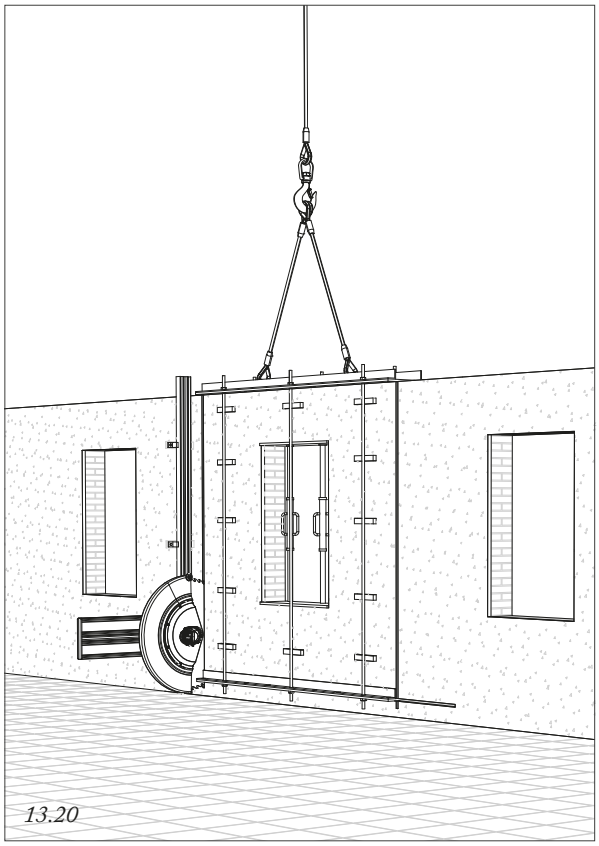
(iii) Decostruzione 3 (DC3), taglio e rimozione delle porzioni di muratura

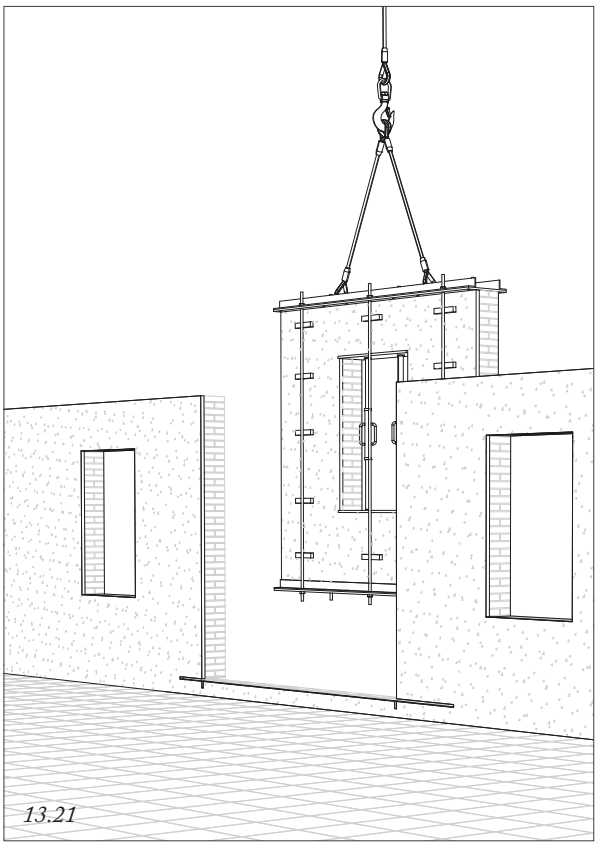
esistente: fissaggio del binario della sega a disco diamantato e taglio orizzontale, inserimento superiore e inferiore di due piastre di acciaio per l'imbrago temporaneo (rimovibile e riutilizzabile), fissaggio del binario e taglio verticale (DC3.1), assistenza all'imbrago e alla movimentazione (DC3.2), rimozione del modulo e suo deposito in cantiere (DC3.3).

Figg. 13.18, 13.19, 13.20, 13.21. Alcune delle lavorazioni necessarie per la rimozione dei moduli della muratura esistente (immagini arch. Ivan Del Ponte)


13.18


13.19


13.20


13.21

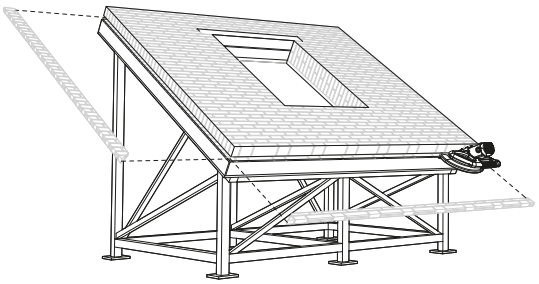
Tale procedimento è stato ideato al fine di facilitare la successiva preparazione per il riutilizzo e il reimpiego delle porzioni di muratura esistente, che avviene secondo lo schema delineato dalla figura 13.22, 13.23, 13.24 e 13.25 secondo le seguenti fasi:

Fig. 13.22, 13.23, 13.24, 13.25. Alcune delle lavorazioni necessarie per la preparazione dei moduli al riutilizzo e posa in opera (immagini arch. Del Ponte)

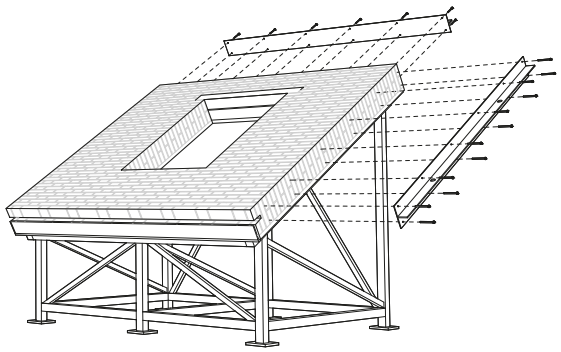
(iv) Riuso 0 (R0), predisposizione della sottostruttura in lamellare: fornitura e posa dei montanti in microlamellare di connessione del paramento murario all'edificio (R0.1);

(v) Riuso 1 (R1), preparazione dei moduli al montaggio: a seguito del deposito in cantiere della sezione muraria avviene il fissaggio di piastre in acciaio a T sul lato inferiore e uno contiguo, nonché la contestuale realizzazione di una scanalatura sugli altri due lati al fine di permettere un incastro maschio-femmina con gli altri moduli (R1.1);

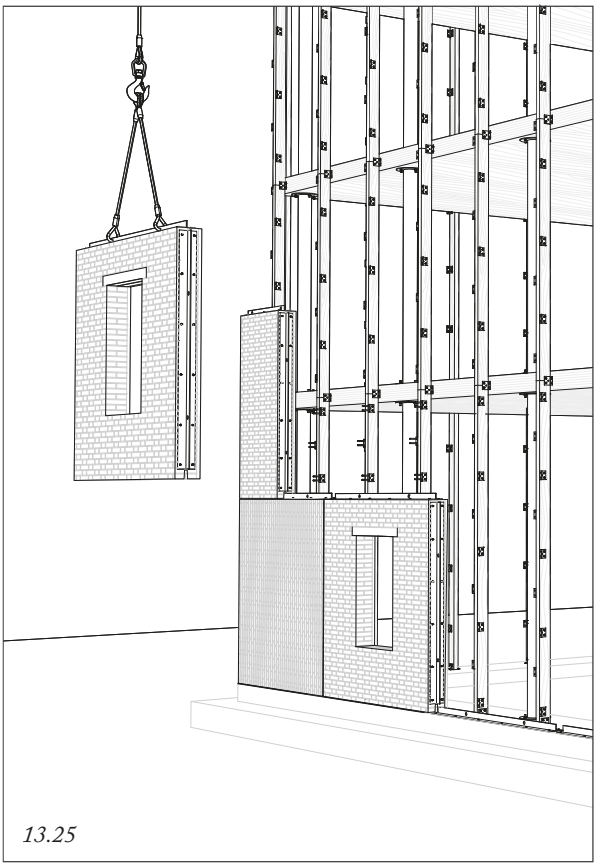
(vi) Riuso 2 (R2), montaggio dei moduli: sollevamento e posizionamento del pannello in sede (R2.1), stesura della malta di calce deputata alla giunzione del pannello con quelli contigui (R2.2), fissaggio alla sottostruttura (R2.3).



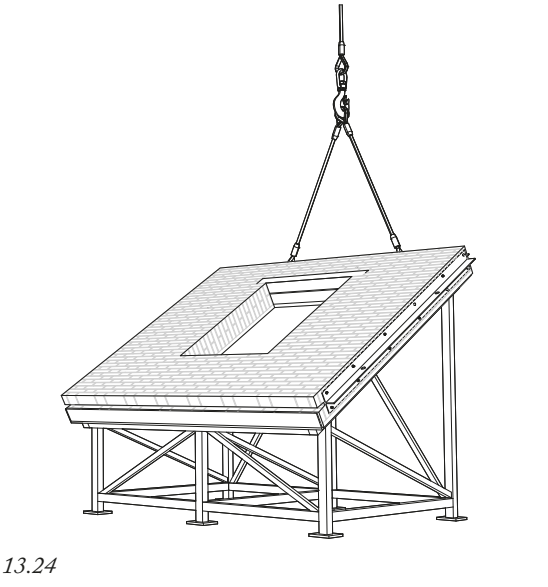
13.22



13.23



13.25



13.24

Lo scenario dipinto dal processo convenzionale presenta invece un numero inferiore di *step*, dalla demolizione alla costruzione del nuovo paramento faccia a vista, che si articolano secondo i quattro momenti di seguito elencati:

(i) Demolizione 1 (D1), demolizione delle palazzine. Demolizione totale dei fabbricati esistenti (D1.1), trasporto e conferimento dei flussi materiali generati in discarica o presso impianti di trattamento (D1.2);

(ii) Nuovo muro 0 (N0), predisposizione della sottostruttura in lamellare tipo "*platform frame*": fornitura e posa di parete di tamponamento con struttura in lamellare (N0.1), realizzazione della pannellatura in OSB all'estradosso del telaio ottenuto (N0.2);

(iii) Nuovo muro 1 (N1), realizzazione nuovo paramento murario faccia a vista: fornitura e posa a umido del nuovo rivestimento in laterizio a una testa, compreso di ancoraggio alla sottostruttura retrostante (N1.1).

Le seguenti tabelle 13.5 e 13.6 ordinano tutti i processi identificati nello sviluppo dei due scenari permettendo di mettere a confronto le varie fasi di cui si compongono, una scansione formulata allo scopo di facilitare il computo dei costi, in termini economici ed energetici:

Tab. 13.5. Identificazione delle fasi che caratterizzano i procedimenti propri dello scenario (i)

Scenario Reuse Design Project (i)			
Decostruzione degli edifici esistenti			
Cod.	Fase	Cod.	Lavorazione
DC1	Decostruzione 1 Attività preparatorie	S1.1	rimozione intonaco interno
		S1.2	rimozione intonaco esterno
		S1.3	stesura rinforzo in betoncino e rete elettrosaldata.
DC2	Decostruzione 2 Incidenza della demolizione di altre parti di edificio	S2.1	rimozione di solaio superiore o copertura ogni piano
		S2.2	rimozione di muri portanti interni
		S2.3	rimozione di tramezze
DC3	Decostruzione 3 Taglio e rimozione porzioni di muratura esistente	S3.1	taglio modulo alla base
			inserimento piastre e imbrago
			taglio modulo in verticale
		S3.2	assistenza per imbrago e movimentazione
		S3.3	rimozione e deposito muro in cantiere
Preparazione per il riutilizzo e reimpiego delle porzioni di muratura esistente			
Cod.	Fase	Cod.	Lavorazione
R0	Predisposizione sottostruttura in lamellare	R0.1	fornitura e posa montanti lamellare (*balloon frame*) comprensiva di staffaggi e movimentazione gru
R1	Preparazione dei moduli al montaggio	R1.1	fissaggio piastre acciaio e realizzazione scanalature
R2	Montaggio dei moduli	R2.1	sollevamento e posizionamento pannello in sede
		R2.2	stesura malta di calce
		R2.3	fissaggio dei pannelli alla sottostruttura

Scenario processo convenzionale (ii)			
Demolizione edifici esistenti			
Cod.	Fase	Cod.	Lavorazione
D1	Demolizione 1 Demolizione palazzine	D1.1	demolizione totale
		D1.2	trasporto e conferimento in discarica
Realizzazione nuovo paramento faccia a vista			
Cod.	Fase	Cod.	Lavorazione
N0	Nuovo muro 0 Predisposizione parete *platform frame* in microlamellare	N0.1	fornitura e posa parete di tamponamento con struttura in microlamellare comprensiva di staffaggi
		N0.2	fornitura e posa pannelli OSB all'estradosso del telaio
N1	Nuovo muro 1 Realizzazione nuovo paramento	N1.1	paramento faccia a vista a una testa, fornitura e posa, comprensivo di zanche per l'ancoraggio

Tab. 13.6. Identificazione delle fasi che caratterizzano i procedimenti propri dello scenario (ii)

Criteri di computo e fonti dei dati impiegati

Il confronto tra gli scenari (i) e (ii) è stato operato sulla base delle lavorazioni individuate nelle tabelle 13.5 e 13.6. Ciò ha permesso di determinare i costi per ciascuna di esse facendo riferimento al Prezzario per i lavori pubblici della Regione Veneto (2020a), nonché di scomputare dal totale eventuali voci che non fossero di interesse nello scenario ipotizzato. Ciò si è verificato, per esempio, nella fase DC2 del *Reuse Design Project*, poiché il progetto non prevede, per gli inerti generati dalle operazioni di demolizione, il trasporto presso impianti di trattamento o il conferimento in discarica, bensì il loro reimpiego in situ in qualità di aggregati riciclati a seguito della macinazione a mezzo impianto mobile. In casi di questo genere, il ricorso all'Analisi Prezzi relativa a ciascuna lavorazione (Regione Veneto, 2020b) ha permesso di distinguere l'effettiva incidenza di ciascuna voce, un approccio che ha consentito, al tempo stesso, di definire con precisione la manodopera necessaria e le macchine utilizzate per ciascuno dei processi esaminati.

Data la particolarità di alcune lavorazioni, non è sempre stato possibile trovare traccia dei rispettivi prezzi all'interno del documento regionale. In tali casi il riferimento adottato per l'analisi del costo economico è stato identificato di volta in volta in modo differente. In alcuni casi si è fatto riferimento a voci simili, parametrandole alla specifica lavorazione, in altri è stata compiuta una comparazione tra differenti preventivi richiesti, in altri ancora ci si è affidati a un'analisi di mercato o si è ricorso alla consulenza di operatori del settore[11].

Come illustrato, tutti gli elementi desumibili dalle voci analizzate sono stati normalizzati in termini di metri cubi di progetto [m^3_{edif}] e, in base all'incidenza sul volume totale del nuovo paramento, calcolati per questo specifico elemento edilizio. Allo scopo di offrire una comparazione immediata tra i due scenari, tali fattori sono stati successivamente rapportati all'unità di superficie del paramento producendo una sintesi in termini di costo [€/m^2], input materiale [kg/m^2], manodopera [ore uomo/m^2] e impatti incorporati [MJ/m^2] [$kgCO_{2eq}/m^2$].

Allo scopo di definire questi valori, la superficie di riferimento considerata per il confronto è la facciata sud dell'edificio polifunzionale (di estensione vpp pari a 350 m^2). Lo scenario del *Reuse Design Project* ha richiesto che sulla base di quest'area fossero definite alcune specifiche quantità, ovvero tutte le forniture e lavorazioni

11 - Si ringrazia in particolar modo ANCE Veneto nella persona dell'ing. C. Perale, l'arch. M. Brufatto, l'arch. F. Favaro (Terreal S.r.l. - San Marco laterizi), e l'impresa edile La Mela, specializzata in taglio muri, nella persona del sig. A. Samorì Montaguti.

sulle quali incide il numero di pannelli. Questi ultimi sono stati considerati pari a 52, in base alla media per m^2 dell'involucro edilizio, e di dimensione media pari a 3 m x 3 m. La definizione di tali quantità ha comportato delle ricadute sia nelle fasi di decostruzione dell'RDP (tempi e squadre necessarie per taglio delle porzioni murarie, rimozione e deposito a pié d'opera dei moduli) che in quelle della posa in opera (numero di piastre di acciaio per l'incastro maschio-femmina, di barre filettate per il loro fissaggio al modulo, di staffe e viti necessarie per ancorare i pannelli alla sottostruttura di microlamellare, quantità di malta stesa).
Per quanto concerne il calcolo dell'energia e del carbonio incorporati, le principali fonti impiegate sono state le EPD di prodotti realizzati nel territorio italiano (fattore importante in termini di mix energetico), nonché l'ubicazione dei siti produttivi, ove questi documenti si limitassero a un'analisi *cradle to gate* e non comprendessero il trasporto al cantiere. Per alcuni elementi non è stato possibile risalire a delle EPD, pertanto, come illustrato nel paragrafo successivo, in tali casi gli impatti incorporati sono stati identificati e calcolati sulla base dell'ICE (Hammond e Jones, 2011). Va specificato che, nello scenario del *Reuse Design Project*, i trasporti relativi alla movimentazione dei moduli di muratura di reimpiego si intendono nulli poiché realizzati all'interno del perimetro del lotto. In termini economici, non sono inoltre stati contabilizzati i noli ed è stato assunto che le imprese possedessero le macchine o i mezzi di trasporto elencati nell'Analisi Prezzi. Ponteggi e gru di cantiere sono stati considerati elemento presente in entrambi gli scenari e per tale ragione non calcolati.
La tabella 13.7 riassume i dati relativi allo stato di fatto delle palazzine e all'edificio di progetto impiegati per il computo.

Tab. 13.7. Dati geometrici stato di fatto e di progetto impiegati per il computo

Dati geometrici per il computo di costi, manodopera, materiale e impatti incorporati
Palazzine esistenti (valori per singolo edificio)
Vol = 9,5 m x 24 m x 9,5 m (h) = 2166 mc
SLP = 24 m x 9,5m = 228 mq per piano
Sup. totale 3 solai da demolire + copertura = 228 mq x 4 = 912 mq
Sup. involucro esterno = (9,5 m + 24 m) x 2 x 9,5 m (h) = 636,5 mq
Sviluppo muri portanti interni = 40 m/piano
Sup. totale muri interni = 40 m x 9 m (h) = 360 mq
Sviluppo tramezze interne = 42 m/piano
Sup. totale tramezze interne = 42 m x 9 m (h) = 378 mq
Edificio polifunzionale
Sup. facciata di riferimento per il confronto = 350 mq vpp
Superficie paramento realizzato intero edificio, comune a scenari (i) e (ii) = 869,8 mq

Sulla base di tali dati si è proceduto a determinare, per ciascuna lavorazione di entrambi gli scenari: costo della lavorazione (in €/m^2 di paramento da realizzarsi), input di materiale necessario (in kg/m^2 di paramento), ore uomo (in h/mq di paramento) e ore macchina (in h/m^2 di paramento), queste ultime necessarie al computo gli impatti incorporati.
Ciò ha permesso in primo luogo di valutare la fattibilità tecnico-economica dei due scenari, come illustrato nella successiva tabella 13.8, e, successivamente, di calcolare *embodied energy* [EE] e *carbon* [EC] per tutte le lavorazioni individuate, al fine di produrre un confronto tra gli scenari (i) e (ii). Tutti i dati di dettaglio relativi al metodo adottato per il computo di costi, input materiale, ore uomo e ore macchina sono raccolti nelle tabelle a fine paragrafo (tabb. 13.14-13.17).

Scenario processo convenzionale (ii): demolizione edifici esistenti					
fase		lavorazione	riferimenti per analisi dei costi	unità riferimento	costo [€]
D1	D1.1	incidenza demolizione totale	R.V. E.05.01.b	mq paramento	15,49 €
	D1.2	incidenza trasporto e conferimento in discarica	R.V. E.05.01.b	mq paramento	4,21 €
Scenario processo convenzionale (ii): realizzazione nuovo paramento faccia a vista					
fase		lavorazione	riferimenti per analisi dei costi	unità riferimento	costo [€]
N0	N0.1	fornitura montanti e correnti in microlamellare per telaio	R.V. B.05.01.h	mq paramento	12,80 €
	N0.1	staffe angolari per fissaggio del telaio	analisi di mercato	mq paramento	1,80 €
	N0.1	viti per staffe (4 viti cad.)	analisi di mercato	mq paramento	0,48 €
	N0.1	posa montanti e correnti in microlamellare compreso staffaggio	stima tempi realizzazione	mq paramento	6,12 €
	N0.2	fornitura e posa pannelli OSB all'estradosso del telaio	R.V. E.20.14.00 (raddoppiato perché rif. 19 mm)	mq paramento	26,90 €
N1	N1.1	realizzazione di nuovo paramento faccia a vista compreso di zanche e perni	analisi di mercato	mq paramento	115,00 €

Scenario Reuse Design Project (i): decostruzione edifici esistenti					
fase		lavorazione	riferimenti per analisi dei costi	unità riferimento	costo [€]
DC1	DC1.1	rimozione intonaco interno	R.V. E.05.16a	mq paramento	14,98 €
	DC1.2	rimozione intonaco esterno	R.V. E.05.16.c	mq paramento	13,85 €
	DC1.3	stesura rinforzo in betoncino e rete elettrosaldata	R.V. E.04.06.a	mq paramento	54,12 €
DC2	DC2.1	incidenza rimozione di solaio superiore e copertura	R.V. E.05.12.b	mq paramento	12,32 €
	DC2.2	incidenza rimozione di muri interni portanti	R.V. E.06.10.e	mq paramento	11,11 €
	DC2.3	incidenza rimozione di tramezze	R.V. E.05.14.a)	mq paramento	2,08 €
DC3	DC3.1	taglio modulo alla base	analisi di mercato	mq paramento	23,30 €
	DC3.1	inserimento piastre			
	DC3.1	taglio modulo verticale			
	DC3.2	assistenza imbrago e movimentazione	stima dei tempi di realizzazione R.V. A.01.02.a	mq paramento	2,80 €
	DC3.3	movimentazione pannello con gru	stima dei tempi di realizzazione R.V. A.01.02.a	mq paramento	0,91 €
Scenario Reuse Design Project (i): preparazione per il riutilizzo e reimpiego delle porzioni di muratura esistente					
fase		lavorazione	riferimenti per analisi dei costi	unità riferimento	costo [€]
R0	R0.1	fornitura montanti in microlamellare	R.V. B.05.01.h	mq paramento	5,61 €
	R0.1	posa montanti in microlamellare	stima dei tempi di realizzazione R.V. A.01.02.a	mq paramento	6,29 €
	R0.1	movimentazione montanti con gru	stima dei tempi di realizzazione R.V. A.01.02.a	mq paramento	1,05 €
	R0.1	piastre di ancoraggio a L	analisi di mercato	mq paramento	1,46 €
	R0.1	viti per le piastre di ancoraggio	analisi di mercato	mq paramento	0,55 €
R1	R1.1	fornitura piastre in acciaio comprese barre fissaggio e costo fissaggio	R.V. E.30.03.a	mq paramento	28,26 €
	R1.1	fissaggio piastre acciaio e realizzazione scanalature	stima dei tempi di realizzazione R.V. A.01.02.a	mq paramento	18,19 €
R2	R2.1	sollevamento e posizionamento pannello in sede	stima dei tempi di realizzazione R.V. A.01.02.a	mq paramento	27,28 €
	R2.2	stesura malta di calce	R.V. E.04.06.a	mq paramento	0,31 €
	R2.3	fissaggio alla sottostruttura	analisi di mercato	mq paramento	0,11 €

Tab. 13.8. Sintesi relativa alla fattibilità tecnico-economica

13.3.2. Esiti in termini di fattibilità tecnico-economica e impatti incorporati.

Scenario (i): Reuse Design Project.
Le seguenti tabelle 13.9 e 13.10 riassumono i risultati dell'indagine condotta in relazione ai cinque parametri esaminati per le macro-fasi di decostruzione (DC1-DC3) e messa in opera (R0-R2).

fase	cod. lav.	lavorazione	unità rif.	costo [€]	ore uomo [h]	input materiale [kg]	EE [MJ]	EC [$kgCO_{2eq}$]
DC1 Decostruzione 1	DC1.1	rimozione intonaco interno	m^2 paramento	14,98	0,22	0,00	50,95	3,81
	DC1.2	rimozione intonaco esterno	m^2 paramento	13,85	0,20	0,00	46,62	3,49
	DC1.3	stesura rinforzo in betoncino e rete elettrosaldata	m^2 paramento	54,12	0,80	207,76	336,44	30,40
DC2 Decostruzione 2	DC2.1	incidenza rimozione di solaio superiore o copertura su costo smontaggio	m^2 paramento	12,32	0,23	0,00	23,88	1,79
	DC2.2	incidenza rimozione muri interni portanti su costo smontaggio	m^2 paramento	11,11	0,21	0,00	19,45	1,43
	DC2.3	incidenza rimozione di tramezze su costo smontaggio	m^2 paramento	2,08	0,03	0,00	2,84	0,19
DC3 Decostruzione 3	DC3.1	taglio dei moduli e inserimento piastre	m^2 paramento	23,30	0,45	0,00	10,67	0,37
	DC3.2	assistenza imbrago e movimentazione	m^2 paramento	2,80	0,11	0,00	0,00	0,00
	DC3.3	rimozione e deposito muro in cantiere con gru	m^2 paramento	0,91	0,03	0,00	1,57	0,05
TOT. DC1-DC3				135,46	2,26	207,76	492,42	41,52

fase	cod. lav.	lavorazione	unità rif.	costo [€]	ore uomo [h]	input materiale [kg]	EE [MJ]	EC [$kgCO_{2eq}$]
R0 Riuso 0	R0.1	fornitura e posa montanti microlamellare ("*balloon frame*")	m^2 paramento	14,96	0,24	4,27	267,04	16,08
R1 Riuso 1	R1.1	fissaggio piastre acciaio e realizzazione scanalature	m^2 paramento	46,45	0,59	10,05	395,19	32,83
R2 Riuso 2	R2.1	sollevamento e posizionamento pannello in sede	m^2 paramento	27,28	0,89	0,00	3,88	0,13
	R2.2	stesura malta di calce	m^2 paramento	0,31		4,92	44,06	2,48
	R2.3	fissaggio alla sottostruttura	m^2 paramento	0,11		0,02	63,78	4,77
TOT. R0-R2				89,11	1,73	19,25	773,95	56,29

Tabb. 13.9 e 13.10. Esiti dell'analisi condotta per lo scenario (i)

La fase di decostruzione (DC1 + DC2 + DC3), comprensiva di tutte le lavorazioni, prevede un costo pari a 134.855, 17 €/palazzina, un valore che, parametrato a m^2 di nuovo paramento, corrisponde a 135,46 €. A tale cifra si sommano i costi relativi alle fasi di preparazione per il riutilizzo e reimpiego delle porzioni di

muratura esistente (R0 + R1 + R2), le quali prevedono un costo pari a 89,11 €/m^2 di paramento realizzato.
L'intero processo prevede un impiego di manodopera pari a 2,26 ore uomo/m^2 per tutte le lavorazioni inerenti alla fase di decostruzione, alla quale si aggiunge quella necessaria per la messa in opera dei moduli di reimpiego, pari a 1,73 ore uomo/m^2.
L'incidenza di "nuove" materie prime utilizzate per metro quadro di facciata è pari a 207,76 kg nel corso della decostruzione, valore da imputarsi interamente al betoncino e alla rete elettrosaldata di rinforzo dei moduli di muratura. Nelle fasi del processo di reimpiego delle porzioni murarie, il totale di 19,25 kg/m^2 di input materiale è dovuto all'impiego della sottostruttura in lamellare, delle piastre di acciaio fissate sui moduli e alla malta di calce utilizzata per la posa in opera degli stessi.
Dal punto di vista dell'energia e del carbonio incorporati, il contributo più considerevole è quello dettato dalla preparazione al riutilizzo, sulla quale incidono in modo particolare la struttura in lamellare e, soprattutto, il fissaggio delle piastre di acciaio, comportando dei valori complessivi per le fasi R0-R2 pari a 773,95 MJ/m^2 e 56,29 kgCO_{2eq}/m^2. Nel caso delle operazioni di decostruzione, l'entità complessiva degli impatti incorporati per unità di superficie è pari a 492,42 MJ (EE) e 41,52 kgCO_{2eq} (EC), valori in cui gioca un ruolo predominante la fase DC1.3 (rinforzo della muratura).

Scenario (ii): processo convenzionale
Le seguenti tabelle 13.11 e 13.12 riassumono i risultati dell'indagine condotta in relazione ai cinque parametri esaminati per le macro-fasi di demolizione (D1) e realizzazione nuovo paramento (N0-N1).

fase	cod. lav.	lavorazione	unità rif.	costo [€]	ore uomo [h]	input materiale [kg]	EE [MJ]	EC [kgCO_{2eq}]
D1 Demolizione 1	D1.1	demolizione totale	m^2 paramento	15,49	0,16	0	44,10	3,30
	D1.2	trasporto e conferimento in discarica	m^2 paramento	4,21	0,04	0	11,55	0,86
TOT. D1				19,70	0,20	0	55,66	4,16

fase	cod. lav.	lavorazione	unità rif.	costo [€]	ore uomo [h/mq]	input materiale [kg]	EE [MJ]	EC [kgCO_{2eq}]
N0 Nuovo muro 0	N0.1	fornitura e posa parete di tamponamento	m^2 paramento	21,20	0,2	10,50	439,48	21,88
	N0.2	fornitura e posa pannelli OSB	m^2 paramento	26,90	0,08	15,07	578,15	26,07
N1 Nuovo muro 1	N1.1	realizzazione nuovo paramento faccia a vista	m^2 paramento	148,50	2	257,41	781,13	46,65
TOT. N0-N1				196,60	2,28	282,98	1798,75	94,60

Tabb. 13.11 e 13.12. Esiti dell'analisi condotta per lo scenario (ii)

La fase di demolizione (D1), comprensiva del trasporto e conferimento in discarica o presso impianti di trattamento dei rifiuti da C&D generati, vede un costo pari a 50.099,54 €/palazzina, che presenta un'incidenza sulla realizzazione del nuovo paramento pari a 19,70 €/m^2. Il costo relativo alla realizzazione del nuovo muro a una testa (N0 + N1) è invece pari a 148,50 €/m^2 di paramento, determinando, nel complesso delle attività necessarie alla sua realizzazione, un

importo totale pari a 196,60 €/m^2. La manodopera presenta un'incidenza molto limitata in relazione alla fase di demolizione, ma preponderante per le attività di costruzione della nuova controfacciata, arrivando a costituire 2,28 h uomo/m^2 su un totale, per l'intero scenario, pari a 2,48.
Le nuove materie prime sono interamente acquisite nel corso della seconda macro-fase del processo, finalizzata alla realizzazione del paramento murario; la componente dei laterizi va, in proporzione, a costituire quasi nella sua interezza l'input totale di 282,98 kg/m^2.
Per quanto riguarda gli impatti incorporati, nonostante il largo impiego di macchine per le lavorazioni e il trasporto nella fase di demolizione (D1), essi presentano un impatto contenuto, determinando dei valori parziali di 55,66 MJ (EE) e 4,16 kgCO_{2eq} (EC) per metro quadro di paramento. Tale circostanza muta notevolmente nella macro-fase di costruzione del nuovo muro (N0-N2), che presenta dei valori totali pari rispettivamente a 1798,75 MJ e 94,60 kgCO_{2eq}, incidendo in modo considerevole.

13.3.3. Analisi dei risultati

I risultati dell'analisi condotta sono sintetizzati nella seguente tabella 13.13.

Sintesi comparativa degli esiti					
scenario di riferimento	costo [€/m^2]	ore uomo [h/m^2]	input materiale [kg/m^2]	EE [MJ/ m^2]	EC [kgCO_{2eq}/ m^2]
(i) *Reuse Design Project*	224,57	3,99	227,01	1266,37	97,81
(ii) Processo convenzionale	216,30	2,48	282,98	1854,41	98,76

Tabb. 13.13. Confronto degli esiti dell'analisi condotta per i due scenari sulla base di cinque parametri: costo, ore uomo, input materiale, energia incorporata, carbonio incorporato

Dai valori riscontrati è possibile trarre alcune conclusioni:

(i) come era possibile ipotizzare, in termini di costi la soluzione prospettata dal *Reuse Design Project* appare meno conveniente di quella che è stata definita per lo scenario di tipo convenzionale. Ciò è da imputarsi al fatto che nel primo caso è prevista una maggior quantità di manodopera, e di tipo specializzato, nel corso di tutte le fasi del processo di decostruzione (compresa l'incidenza relativa alla demolizione per parti di solai, tramezze e muri portanti delle palazzine) e preparazione al riutilizzo. Questo si verifica spesso in concomitanza con operazioni che richiedono un input materiale rilevante (come nel caso delle fasi DC1.3, R1.1 e R1.2), altro fattore che incide sui costi. Al contrario, lo scenario (ii) risente dell'elevato costo di manodopera e materiale solamente nella fase di realizzazione del nuovo paramento, la quale rappresenta più del 90% del totale riscontrato, evidenziando la limitata rilevanza della demolizione di tipo distruttivo.
Va comunque segnalato che la minor convenienza dello scenario (i) incide in modo esiguo, comportando un incremento inferiore allo 0,5% rispetto al valore emerso per lo scenario (ii);

(ii) dal punto di vista dell'impiego di manodopera, lo scenario dipinto dal *Reuse Design Project* sembra dare riscontro alle ipotesi sostenute dalle teorie dell'economia circolare - in particolar modo da Stahel, come illustrato ampiamente nei capitoli 1 e 2 - in merito agli esiti in termini economico-sociale dei modelli propri dei *loop* più interni. L'impiego di lavoratori, sia specializzati

che non specializzati, è infatti nello scenario (i) quasi doppio rispetto a quello che appare necessario nel caso dei processi, tipicamente lineari, propri dello scenario (ii), ovvero 4 ore uomo per unità di superficie rispetto a 2,28;

(iii) in termini di input materiale le due soluzioni sono riconducibili al medesimo ordine di grandezza, evidenziando come, nonostante lo scenario (i) favorisca un rilevante reimpiego di componenti in termini di peso e volume, esso richieda comunque una quantità considerevole di "nuove" materie prime. Se, infatti, nel caso del processo convenzionale l'incidenza di materiale è da imputarsi esclusivamente alle fasi di nuova realizzazione del paramento a una testa - e quasi totalmente ai laterizi pieni - il *Reuse Design Project* presenta una domanda distribuita in modo più uniforme nel corso delle varie fasi di cui è composto. Ciò rispecchia il fatto che la decostruzione dell'esistente, se si considera come gli edifici analizzati nel caso studio rappresentino un campione significativo del patrimonio edilizio odierno, non possa garantire in termini prestazionali, strutturali e tecnici un reimpiego diretto per le componenti realizzate con leganti a umido. L'input materiale totale dello scenario (i) è infatti rappresentato per la quasi totalità dal calcestruzzo e dalla rete elettrosaldata utilizzati per il consolidamento delle porzioni murarie esistenti.
Nonstante queste premesse possano ridimensionare le aspettative circa la capacità di preservazione delle risorse materiali propria del *Reuse Design Project*, la soluzione prospettata dallo scenario (ii) richiede comunque una maggior quantità di materiale in peso, seppur essa preveda un paramento murario a una testa (va considerato che quello reimpiegato nello scenario (i) è a due teste);

(iv) l'analisi in termini di energia incorporata (EE) favorisce in modo evidente la soluzione costruttiva di reimpiego, nonostante il già discusso ampio utilizzo di calcestruzzo per la formazione del betoncino di consolidamento e la maggior quantità di acciaio necessario, dovuto al preparazione al riutilizzo dei moduli. Il caso dello scenario (i) comporta infatti un valore di *embodied energy* inferiore del 30% circa rispetto a quello determinato dallo scenario (ii). Questo riscontro appare rilevante se si considera che in entrambi i casi la sottostruttura della parete di tamponamento impiega un'orditura del medesimo materiale, abete lamellare, ed evidenzia il contributo apportato in termini energetici dalla sottostruttura necessaria al supporto del paramento a una testa (ii);

(v) per quanto concerne il carbonio incorporato, i due scenari presentano dei valori sostanzialmente analoghi, determinando un leggero vantaggio del *Reuse Design Project*. Ciò conferma i rilevanti contributi in termini di emissioni dettati dalla produzione sia dal laterizio e dal legno ingegnerizzato, in paticolar modo dall'OSB - scenario (i) - che dal calcestruzzo e dall'acciaio - scenario (ii).

A seguito delle considerazioni riassuntive relative ai cinque parametri analizzati per i due scenari, appare necessario compiere alcune precisazioni che consentono di mettere in prospettiva i risultati emersi in relazione alle scelte compiute.

a. nell'analisi non è stato verificato quali fossero gli impatti delle soluzioni costruttive in relazione al fine vita. Le EPD raccolte, infatti, nel più dei casi si limitavano a dei confini del sistema *cradle to gate*, considerando quindi le fasi A1-A3 dell'LCA, e solo in alcuni casi estendendo la valutazione alla fase di trasporto (B1) o al modulo D dei benefici e carichi oltre i confini del sistema.

Al fine di ottenere dei risultati coerenti è dunque stato preso in considerazione esclusivamente un perimetro *cradle to site*, andando a integrare il computo dei dati relativi al trasporto dal sito di produzione al cantiere ove non fossero considerati nella EPD (tab. 13.8);

b. non è stato assunto che i prodotti a base legno fossero *carbon neutral* come riportato nelle EPD raccolte per lamellare e OSB, le quali indicavano un contributo negativo in termini di EC ($kgCO_{2eq}$). Al contrario, i valori di carbonio incorporato utilizzati per questi elementi sono quelli forniti dall'ICE v.2.0. Ciò è dovuto in prima istanza al fatto che il concetto di *carbon storage* è ancora dibattuto, ma dipende anche dalla scelta di compiere l'analisi dei processi produttivi considerando, per ciascun elemento, le fasi *cradle to site* e non gli impatti su un tempo più lungo (nei quali la supposta neutralità dei prodotti a base legno potrebbe venire meno a seguito delle emissioni dovute al recupero di energia tramite combustione, in particolar modo se si considera la quantità di collante impiegata per i pannelli OSB);

c. i valori di EE ed EC scelti per le staffe, le viti e gli ancoraggi in inox sono stati desunti dall'ICE v.2.0, mentre nel caso delle piastre, delle barre e della rete elettrosaldata si è compiuto interamente riferimento alle relative EPD (vedi tabella 13.18), che riportano dei valori maggiori. Impiegando delle EPD anche per gli elementi di ancoraggio e fissaggio sarebbe possibile ottenere dei dati più coerenti, perché essi acquisirebbero un peso maggiore in termini di energia incorporata;

d. non è stato calcolato il dispendio di acqua necessario in nessuno dei due scenari, circostanza a favore del processo di tipo convenzionale (i) che ne richiederebbe una elevata quantità nelle fasi di demolizione distruttiva;

e. non è stata fatta distinzione tra le varie componenti materiali nel momento in cui si è computato l'input di materie prime per i due scenari, ma solamente il valore totale;

f. la scelta di non prendere in considerazione la fase di fine vita ha influito sia in termini del conferimento in discarica ipotizzato nello scenario (ii), per il quale è stato considerato esclusivamente il trasporto, che nel caso dello scenario (i), nel quale sarebbe previsto, da progetto, il riciclo in situ dei muri e dei solai delle palazzine;

g. nel caso della fase di consolidamento della muratura esistente per il *Reuse Design Project* è stata fatta una assunzione di tipo precauzionale, in favore di sicurezza, ipotizzando una rinforzo alla muratura di 5 cm di spessore e dotato di rete elettrosaldata. Dato lo spessore delle sezioni murarie, pari a due teste, non è detto che tale rinforzo sia effettivamente necessario, in particolar modo se si considera il sistema di smontaggio e l'impiego delle piastre di acciaio nella fase di preparazione per il riutilizzo e posa in opera dei moduli finiti. Tenendo presente che questo genere di considerazioni potrebbero trovare riscontro esclusivamente nella fase di cantiere, si è ritenuto corretto ipotizzare il rinforzo descritto, anche sulla base dell'esempio dei *practitioner* (i progettisti di Lendager hanno previsto ben 12,5 cm di calcestruzzo nel caso dei moduli a una testa di Resource Rows, quantità confermata come eccessiva dai professionisti stessi - si veda l'intervista nel capitolo 8 - che ha fortemente influito sulla valutazione LCA da essi successivamente eseguita). Nel caso non si computasse il betoncino, i valori cambierebbero in modo notevole in favore dello scenario (i)

Scenario RDP: decostruzione degli edifici esistenti	
DC1.1	Analisi dei costi: La voce di riferimento (E.05.16.a) riporta un prezzo pari a 14,98 €/mq. Tale importo è riferito all'estensione della muratura da smontare, la quale è la medesima che andrà a costituire il paramento nuovo: non è quindi necessario parametrarne il valore. Analisi delle ore macchina: Sono indicati 0,153 h/mq di utilizzo di compressore, 0,148 h/mq per il martello demolitore e 0,015 h/mq per l'autocarro in stazionamento. Analisi delle ore uomo: Sono previste 0,2 h/mq alle quali vanno sommate quelle dell'operatore dell'autocarro, pari a 0,015 h/mq.
DC1.2	Analisi dei costi: La voce di riferimento (E.05.16.c) riporta un prezzo pari a 13,85 €/mq. Tale importo è riferito all'estensione della muratura da smontare, la quale è la medesima che andrà a costituire il paramento nuovo: non è quindi necessario parametrarne il valore. Analisi delle ore macchina: Sono indicati 0,14 h/mq di utilizzo di compressore, 0,142 h/mq per il martello demolitore e 0,015 h/mq per l'autocarro in stazionamento. Analisi delle ore uomo: Sono previste 0,18 h/mq alle quali vanno sommate quelle dell'operatore dell'autocarro, pari a 0,015 h/mq.
DC1.3	Analisi dei costi: Il riferimento (E.04.06.a) prevede un costo di 52,12 €/mq per fornitura e posa in opera di betoncino di consolidamento, compresa armatura costituita da rete elettrosaldata ø 6mm di maglia 10x10. È previsto uno spessore di 50 mm e l'impiego di un calcestruzzo preconfezionato. Analisi del materiale impiegato: Il peso della rete elettrosaldata è pari a 4,48 kg/mq. Il peso del betoncino per unità di superficie è pari a 2400 kg/m^3 x 0,05 m^3, dunque un valore di 120 kg totali. Analisi delle ore macchina: Sono necessari per la lavorazione il compressore (0,3 h/mq) e l'idropulitrice (0,3 h/mq). Analisi delle ore uomo: La manodopera, inclusa nel prezzo della voce, è pari a 0,8 h/mq.
DC2.1	Analisi dei costi: Alla voce di riferimento (E.05.12.b) vanno detratti gli oneri relativi allo smaltimento e al trasporto del materiale, poiché da progetto lo si prevede reimpiegato in operazioni di riempimento o come aggregato riciclato, determinando un costo di 34,36 €/mq. La demolizione riguarda una superficie di 912 mq (3 solai + 1 copertura) per ciascun edificio, comportando un costo di 31.336,32 eur/palazzina. Tale cifra, al fine di ottenere un valore parametrato all'unità di superficie del paramento di riuso secondo il procedimento illustrato nel paragrafo 13.3.1, viene moltiplicata per 6 (numero delle palazzine), convertita secondo il fattore di normalizzazione (0,057) e divisa per l'estensione del paramento da realizzarsi (869,8 mq), restituendo un costo pari a 12,32 €/mq di paramento di riuso. Il costo della manodopera è incluso. Analisi delle ore macchina: Le ore indicate di utilizzo per autocarro (0,012 h/mq), compressori (0,2 h/mq) e martello demolitore (0,21 h/mq) vengono calcolate in riferimento alla superficie da demolire e successivamente parametrate in termini di estensione del nuovo paramento, restituendo rispettivamente i valori di 0,004 h/mq, 0,07 h/mq e 0,07 h/mq. Analisi delle ore uomo: Le ore uomo, pari a 0,63 per metro quadro di solaio, ammontano a 574,7 h/palazzina e, parametrate al paramento, a 0,22 h/mq. A queste si aggiunge l'incidenza della manodopera dell'operaio addetto all'autocarro, pari a 0,004 h/mq.
DC2.2	Analisi dei costi: Alla voce di riferimento (E.05.10.e) vanno detratti gli oneri relativi allo smaltimento e al trasporto del materiale, poiché da progetto lo si prevede reimpiegato per operazioni di riempimento o come aggregato riciclato, determinando un costo di 78,47 €/mq. La demolizione riguarda una superficie di 360 mq di muri interni per ciascun edificio, comportando un costo di 28.249,20 €/palazzina. Tale cifra, al fine di ottenere un valore parametrato all'unità di superficie del paramento di riuso secondo il procedimento illustrato nel paragrafo 13.3.1, viene moltiplicata per 6 (numero delle palazzine), convertita secondo il fattore di normalizzazione (0,057) e divisa per l'estensione del paramento da realizzarsi (869,8 mq), restituendo un costo pari a 11,11 €/mq di paramento di riuso. Il costo della manodopera è incluso. Analisi delle ore macchina: Le ore indicate di utilizzo per autocarro (0,025 h/mq), compressori (0,4 h/mq), gru (0,08 h/mq) e martello demolitore (0,4 h/mq) vengono calcolate in riferimento alla superficie da demolire e successivamente parametrate in termini di estensione del nuovo paramento, restituendo rispettivamente i valori di 0,003 h/mq, 0,05 h/mq, 0,011 h/mq e 0,05 h/mq. Analisi delle ore uomo: Le ore uomo, pari a 1,45 per metro quadro di muro portante, ammontano a 522 h/palazzina e, parametrate al paramento, a 0,2 h/mq. A queste si aggiunge l'incidenza della manodopera dell'operaio addetto all'autocarro, pari a 0,003 h/mq.

DC2.3	Analisi dei costi: Alla voce di riferimento (E.05.14.a) vanno detratti gli oneri relativi allo smaltimento e al trasporto del materiale, poiché da progetto lo si prevede reimpiegato per operazioni di riempimento o come aggregato riciclato, determinando un costo di 13,97 €/mq. La demolizione riguarda una superficie di 378 mq di tramezze per ciascun edificio, comportando un costo di 5.280,66 €/palazzina. Tale cifra, al fine di ottenere un valore parametrato all'unità di superficie del paramentodi riuso secondo il procedimento illustrato nel paragrafo 13.3.1, viene moltiplicata per 6 (numero delle palazzine), convertita secondo il fattore di normalizzazione (0,057) e divisa per l'estensione del paramento da realizzarsi (869,8 mq), restituendo un costo pari a 2,08 eur/mq di paramento di riuso. Il costo della manodopera è incluso. Analisi delle ore macchina: Le ore indicate di utilizzo per autocarro (0,02 h/mq), compressori (0,045 h/mq), gru (0,08 h/mq) e martello demolitore (0,045 h/mq) vengono calcolate in riferimento alla superficie da demolire e successivamente parametrate in termini di estensione del nuovo paramento, restituendo rispettivamente i valori di 0,003 h/mq, 0,006 h/mq, 0,011 h/mq e 0,06 h/mq. Analisi delle ore uomo: Le ore uomo, pari a 0,15 per metro quadro di tramezza, ammontano a 56,7 h/palazzina e, parametrate al paramento, a 0,02 h/mq. A queste si aggiunge l'incidenza della manodopera dell'operaio addetto all'autocarro, pari a 0,003 h/mq.
DC3.1	Stima dei costi: Il riferimento adottato prevede una progressione di taglio pari a 35 ml/8h comprensiva di tutte le operazioni (posizionamento sega, tagli orizzontali e verticali), imbrago e rimozione porzione muro, nonché della manodopera. Di queste ore, il tempo di effettivo funzionamento della sega è pari al 50%. È necessaria una squadra di due operai full time, più altri due operatori di supporto per le fasi di imbrago. Ipotizzando di tagliare e rimuovere 4 pannelli ogni giorno (lavorativo), dunque uno ogni due ore, sulla base delle dimensioni medie dei pannelli è possibile definire che 1,32 h siano necessarie per posa dei binari e taglio di un modulo (8 h / 35 m = 0,22 h/m; 6 m x 0,22 h/m = 1,32 h). Di queste la sega è in funzione per 0,66 h/pannello, che equivalgono a 0,073 h/mq. Nelle due ore totali per pannello sono incluse le operazioni di inserimento delle piastre temporanee e di realizzazione dell'imbrago per i moduli (un totale di 2 h/giorno, 0,5 h/pannello, compreso all'interno del tempo residuo dal taglio pari a 0,68 h/pannello) e la movimentazione con gru a torre. Analisi delle ore uomo. È stata ipotizzata una squadra impiegata per: 16h/giorno per realizzare 24 m di taglio, un costo di 16 h x 30,60 eur/h (A.01.02.a) che, parametrato alla superfice dei quattro pannelli (36 mq), equivale a 23,3 eur/mq e a 0,45 h/mq.
DC3.2	Stima dei costi e delle ore uomo: I due operai comuni (A.01.04.a) deputati all'assistenza per l'imbrago sono impegnati nelle attività per 4 h/giorno, dunque 0,11 h/mq calcolate sui 36 mq di pannelli quotidiani. Ciò equivale a un importo di 4 h x 25,5 €/h (A.01.04a), che corrisponde a 2,8 €/mq.
DC3.3	Stima delle ore macchina e delle ore uomo: La gru è funzionante per 0,3 h/pannello, dunque 0,03 h/mq. Tale quantità di tempo è la stessa che caratterizza anche l'operatore, il quale ha dunque un costo di 0,92 €/mq.

Tab. 13.14. Dettaglio del computo di costi, input materiale, ore uomo e ore macchina, fasi DC1, DC2 e DC3

Scenario RDP: preparazione per il riutilizzo e reimpiego delle porzioni di muratura (per i soli elementi che differenziano i due scenari)	
R0.1	Analisi dei costi: La voce B.05.01.h comprende la sola fornitura di struttura in abete lamellare. La sottostruttura da costruire, calcolata sui 350 mq di facciata del nuovo paramento da realizzarsi, prevede l'impiego totale di 240 metri lineari di elementi verticali (interasse = 1,5 m). Tali profili, di sezione 80 x 160 mm, corrispondono a un totale di 3,07 mc/350 mq di paramento di riuso. Il costo di realizzazione del telaio per la facciata in esame equivale dunque a 639,85 €/mc x 3,07 mc = 1964,34 € e a 5,61 €/m^2 di paramento (sola fornitura). Sono inoltre necessarie delle staffe angolari inox di fissaggio in numero di 144 (A) per la connessione solaio-montante e in un numero di 196 (B) per la connessione montante-pannelli di muratura. Il costo totale ammonta a 340 staffe x 1,50 €/pz. = 630 €/350 mq e 1,8 €/mq paramento di riuso. Le staffe necessitano cadauna 8 viti (A) e 10 viti (B), per un totale di 1936 viti, il cui costo è pari a 1936 x 0,10 € = 193,6 € per l'intera facciata, 0,55 €/mq. Analisi del materiale impiegato: L'orditura di microlamellare consiste di 3,07 mc x 450 kg/mc = 1350 kg. La fornitura di staffe di acciaio inox, pesando cadauna di esse 0,37 kg, ammonta a un totale di 53 kg (A) e 72,5 kg (B), mentre le viti pesano 18,27 kg. Stima delle ore macchina: Si ipotizza l'ausilio di una gru per 4 h/giorno per tre giorni, dunque un totale di 12 h la cui incidenza corrisponde a 0,03 h/mq. Stima delle ore uomo: Si ipotizza una squadra di tre operai specializzati 24 h/giorno per un totale di 3 giorni (72 ore), la cui manodopera presenta un costo di 72 h x 30,60 €/h (A.01.02.a), dunque 6,29 €/mq e 0,2 h/mq. A questi operai si aggiunge il manovratore della gru, il quale opera per un totale di 12h / 350 mq, dunque 0,03 h/mq, per un costo di 1,05 €/mq.
R1.1	Analisi dei costi: La voce E.30.03.a quantifica il costo della fornitura di accoppiamenti saldati di piatti in lamiera di acciaio (inclusi posa, taglio a misura, forature, barre e bullonature) in 2,81 €/kg. Le piastre necessarie, stimate su una media di 52 pannelli di 3 x 3 mq disposti su 4 ordini diversi nella facciata da 350 mq, corrispondono a 270 metri lineari dalla sezione di 16 cm^2. è dunque necessaria una fornitura di 0,43 mc acciaio, ovvero 9,87 kg, per un costo totale di 9.711,36 €/facciata e 27,74 €/m^2. Analisi dei materiali impiegati: Le barre utilizzate per fissare le piastre al modulo, lunghe 20 cm e di ø 8 mm, sono necessarie in misura di 4 x 2 = 8 ogni 3 m di pannello, dunque 2,6 per metro lineare e 702 in totale. Il loro volume totale, pari a 0,07 m^3, moltiplicato per un peso specifico di 8000 kg/mc equivale a 57,6 kg. Stima delle ore macchina: La realizzazione delle fresature lungo due lati del pannello, considerando 4 pannelli/giorno per un totale di 13 giorni e un impiego della fresa per un totale di 35 h, necessita di 0,66 h/pannello di fresa. Stima delle ore uomo: Si ipotizza una squadra di due operai specializzati, dunque 208 h totali per 13 giorni di lavoro. Ciò corrisponde a 0,6 h/mq e a un costo pari a 208 h x 30,60 €/h (A.01.02.a) = 18,2 €/mq.
R2.1	Si ipotizza una squadra di tre operai specializzati per il montaggio dei pannelli, compresa la stesura della malta di calce: 24h / giorno per 13 giorni = 312 h. A tale quantità corrispondono 0,9 h /mq e 27,3 eur/mq; per la gru sono stimate 0,5 h/pannello e dunque un'incidenza pari a 0,07 h/mq.
R2.2	La superficie necessaria di malta di calce strutturale è pari a: 0,25 cm x 270 ml = 67,5 mq. Considerando uno spessore di 1,5 cm, tale materiale ammonta a 1,01 mc di volume per tutta la facciata. Calcolando un consumo pari a 17 kg/mq per centimetro, il peso complessivo equivale a 1721 kg. Per la stima del costo si fa riferimento alla specifica voce contenuta nell'analisi E.04.06.a, dimezzando il valore (considerato originariamente per 4 cm di spessore) e ottenendo un totale di 108 €/facciata e 0,31 €/mq.
R2.3	Il costo del fissaggio delle barre è compreso nella voce R1.1. Questi elementi, di lunghezza 10 cm e ø 8 mm, sono necessari in misura di 196 pezzi per tutta la facciata, uno per ciascuna staffa di tipo B. Il volume complessivo, pari a 980 cm^3 equivale a un peso totale di 7,84 kg. Considerando un costo pari a 2 € per metro lineare e applicandolo ai 19,6 m complessivi necessari, l'incidenza sulla facciata ammonta a 0,11 €/mq.

Tab. 13.15. Dettaglio del computo di costi, input materiale, ore uomo e ore macchina, fasi R0, R1 e R2

Scenario convenzionale: demolizione edifici esistenti	
D1.1	Analisi dei costi: Il prezzo di 18,67 €/mc vpp (R.V. E.05.01.b) non comprende gli oneri di trasporto e conferimento agli impianti dei rifiuti generati. Il costo di sola demolizione vpp di una delle palazzine è pari a 18,19 €/mc x 2166 mc = 39.399,54 eur/palazzina. Tale cifra, al fine di ottenere un valore paramentrato all'unità di superficie del nuovo paramento secondo il procedimento illustrato nel paragrafo 13.3.1, viene moltiplicata per 6 (numero delle palazzine), convertita secondo il fattore di normalizzazione (0,057) e divisa per l'estensione del paramento da realizzarsi (869,8 mq), restituendo un costo equivalente a 15,49 eur/mq di nuovo paramento. Il costo della manodopera è incluso. Analisi delle ore macchina: Le ore per metro cubo indicate per ciascun macchinario (autocarro 0,08 h/mc, pala 0,08 h/mc, compressore 0,025 h/mc, argano 0,075 h/mc, martello demolitore 0,04 h/mc) vengono moltiplicate per i metri cubi totali cui corrisponde una palazzina. Tale cifra, al fine di ottenere un valore paramentrato all'unità di superficie del nuovo paramento secondo il procedimento illustrato nel paragrafo 13.3.1, viene moltiplicata per 6 (numero delle palazzine), convertita secondo il fattore di normalizzazione (0,057) e divisa per l'estensione del paramento da realizzarsi (869,8 mq). In tal modo sono restituiti i seguenti valori: autocarro 0,07 h/mq, pala 0,07 h/mq, compressore 0,022 h/mq, argano 0,067 h/mq, martello demolitore 0,035 h/mq, tutti relativi al nuovo paramento. Analisi delle ore uomo: Le ore di manodopera riportate alla voce E.05.01.b indicano un totale pari a 0,105 ore uomo/mc, che corrisponde a 237,4 h/palazzina. Parametrato all'unità di superficie del nuovo paramento, secondo il procedimento illustrato nel paragrafo 13.3.1, tale valore equivale a 0,093 h/mq. A questa cifra si sommano le ore uomo relative all'autocarro in stazionamento, il cui valore, analogamente normalizzato, ammonta a 0,07 h/mq.
D1.2	Analisi dei costi: Il compenso per il trasporto e conferimento è calcolato separatamente, sulla base della voce a esso relativa (0,38 € t/km per m^3) e in relazione alla distanza che intercorre tra l'area di cantiere e il sito di conferimento di rifiuti da C&D più prossimo. In tal modo, il costo per uno degli edifici da demolire corrisponde a 2166 mc x 0,38 € t/(km x mc) x 13 km = 10.700 €/palazzina. Tale cifra, al fine di ottenere un valore paramentrato all'unità di superficie del nuovo paramento secondo il procedimento illustrato nel paragrafo 13.3.1, viene moltiplicata per 6 (numero delle palazzine), convertita secondo il fattore di normalizzazione (0,057) e divisa per l'estensione del paramento da realizzarsi (869,8 mq), restituendo un costo pari a 4,21 €/mq di nuovo paramento. Anaisi delle ore macchina: In merito ai trasporti da/per il sito di conferimento, sulla base della capienza dell'autocarro (15 mc) sono calcolati 150 viaggi di andata (autocarro pieno) e altrettanti di ritorno (autocarro vuoto), per una distanza pari a 13 km e un tempo di 0,3 ore a tratta. Il totale dei viaggi, calcolato per una palazzina, ammonta in tal modo a 45 ore totali (andata + ritorno), le quali, paramentrate all'unità di superficie del nuovo paramento secondo il procedimento illustrato nel paragrafo 13.3.1, corrispondono a 0,018 h/mq. Analisi delle ore uomo: Le ore totali di manodopera necessarie al trasporto dei rifiuti da C&D, escluse quelle di stazionamento già computate nella fase D1.1, sono le medesime di viaggio dell'autocarro le quali, moltiplicate per due (viaggi a/r) equivalgono a 0,036 h/mq.

Tab. 13.16. Dettaglio del computo di costi, input materiale, ore uomo e ore macchina, fase D1

Scenario convenzionale: realizzazione nuovo paramento faccia a vista (per i soli elementi che differenziano i due scenari)	
N0.1	Analisi dei costi: La voce B.05.01.h comprende la sola fornitura di struttura in abete lamellare. La sottostruttura "platform frame" da costruire, calcolata per i 350 mq di facciata del nuovo paramento da realizzarsi, prevede l'impiego totale di 210 metri lineari di elementi orizzontali (due elementi per ciascun piano, per tre piani) e di 350 metri lineari di elementi verticali (interasse 1 metro e altezza pari a quella di piano, per ciascun piano). Tali profili, di sezione 80 x 160 mm, corrispondono a un totale di 7,17 mc/350 mq di nuovo paramento. Il costo di realizzazione del telaio per la facciata in esame equivale dunque a 639,85 €/mc x 7,17 mc = 4588 € e a un importo di 12,80 €/mq di nuovo paramento (sola fornitura). Sono inoltre necessarie 420 staffe angolari di fissaggio del telaio (4 staffe ogni metro di interasse e per ogni piano dell'edificio), ciascuna delle quali costa 1,50 €: il prezzo totale, pari a 420 x 1,50 € ammonta a 630 € per l'intera facciata e, dunque, a 1,8 €/mq di paramento. Ogni staffa necessita di quattro viti di fissaggio, per un costo di 0,10 € cad. e un importo totale di 168 €, ovvero 1,8 €/mq di nuovo paramento. Analisi del materiale impiegato: La sottostruttura da realizzarsi, oltre ai 7,17 mc di legno lamellare, vede l'impiego di 15,8 kg di acciaio inox delle viti (0,02 mc x 8000 kg/mc) e di 155,4 kg di acciaio inox delle staffe (0,37 kg/pz x 420 pezzi). Analisi delle ore uomo: È stato stimato che una squadra di due operai specializzati possa realizzare il telaio di un piano in 12 ore uomo ciascuno, 24 in totale. Moltiplicando questo valore per i tre piani, le ore totali divengono 72, ovvero 0,2 h/mq. Sulla base della voce A.01.02.a il costo corrispondente è di 72 ore x 30,60 €/h =2203,2 €, che equivalgono, per il paramento da realizzare, a 6,12 €/mq.
N0.2	Analisi dei costi: All'esterno del telaio in lamellare viene posto uno strato di pannelli di OSB da 30 mm, il cui costo è stato definito sulla base della voce E.20.14 che, per fornitura e posa di un pannello da 19 mm, riporta un prezzo di 13,45 €/mq. Tale valore è stato, ai fini del computo per il caso studio, raddoppiato, determinando un'incidenza per i pannelli previsti da progetto pari a 26,90 €/mq. Analisi dei materiali impiegati: I pannelli OSB sono necessari per l'intera superficie dei 350 mq di facciata, presentando un'incidenza in volume equivalente a 0,03 mc/mq. Tale quantità, calcolando un peso dei pannelli pari a 500 kg/mc, corrisponde a 15 kg/mq. Sono inoltre previste delle viti di fissaggio in numero di 8/mq, per un totale di 2800 per l'intero fronte edilizio, le quali sono incluse nella posa in termini di costi, mentre dal punto di vista dell'input materiale incidono per 25,6 kg totali (0,073 kg/mq). Analisi delle ore uomo: È stato ipotizzato che una squadra di due operai impieghi circa 10 ore di lavoro, in totale, per concludere un piano di parete. Per l'intera facciata è necessario un totale di 30 ore uomo, che corrispndono a 0,08 h/mq. Il costo è incluso nella posa.
N1.1	Analisi dei costi: Sulla base dei preventivi raccolti è stato adottato un costo comprensivo di fornitura e posa pari a 148,50 €/mq. Analisi dei materiali impiegati: Trattandosi di muratura a una testa, i laterizi sono impiegati in quantità pari a 0,12 mc/mq, un valore che, moltiplicato per il peso specifico di 1600 kg/mc, comporta un'incidenza dei mattoni, pari a 192 kg/mq di paramento realizzato. Per quanto riguarda la malta, ai 15 corsi orizzontali realizzati in un metro quadro di facciata si aggiungono i corsi verticali la cui estensione è stata stimata di 2 metri lineari. La quantità di malta è dunque pari a 17 m x 0,12 m = 2 mq. è previsto l'impiego di una malta bastarda, caratterizzata da un consumo pari a 18 kg/mq per centimetro di spessore, quest'ultimo di 1,5 cm: la quantità di materiale posato corrisponde a 27 kg/mq, dunque a 55 kg/mq di premiscelato. Il rapporto di confezionamento dell'impasto prevede il 18% di acqua (4,5 lt per un sacco da 25 kg), che è quindi utilizzata in misura di 10 lt/mq. Per vincolare il paramento allo strato di OSB retrostante È previsto l'utilizzo di graffe filettate a L (20 cm x 5 cm) in acciaio inox di ø = 3,3 mm, in misura di 6 per metro quadro. Il volume di ciascuna di esse, pari a 8,55 cm3, moltiplicato per il peso specifico di 8000 kg/mc, restituisce un peso di 0,068 kg/graffa e, conseguentemente, 0,41 kg/mq. Analisi delle ore uomo: Il costo della manodopera è incluso in quello del preventivo; è stato stimato l'impiego di due operai qualificati per un totale di ore uomo pari a 2/mq.

Tab. 13.17. Dettaglio del computo di costi, input materiale, ore uomo e ore macchina, fasi N0 ed N1

Fase	Materiale	Fonte EE (*Embodied energy*)	Fonte EC (*Embodied carbon*)
N0.1	Legno lamellare	Rubner (EPD-RUB-20180058-IBB1-IT) *cradle to gate - 320 km*	ICE v.2.0
	Staffe acciaio inox	ICE v.2.0 - *ipotizzata distanza stabilimento 235 km*	
	Viti acciaio inox	ICE v.2.0 - *ipotizzata distanza stabilimento 235 km*	
	Pannelli OSB	Egger (EPD-EGG-20180107-IBD1-EN) *cradle to gate - 340 km*	ICE v.2.0
N0.2	Viti acciaio inox	ICE v.2.0 - *ipotizzata distanza stabilimento 235 km*	
N1.1	Mattoni Pieni	Stabila Srl (EPDITALY0053 - STABILA001) *cradle to gate - 100 km*	
	Malta bastarda	Mapei Intomap (EPD-FEI-20160017-IBG1-EN) *cradle to site*	
	Zanche acciaio	ICE v.2.0 - *ipotizzata distanza stabilimento 235 km*	
DC1.1	Calcestruzzo	Techbau (EPDITALY0081) *cradle to site*	
	Rete elettrosaldata	Feralpi (EPDITALY0006) *cradle to site*	
R0.1	Legno lamellare	Rubner (EPD-RUB-20180058-IBB1-IT) *cradle to gate - 320 km*	ICE v.2.0
	Staffe acciaio inox	ICE v.2.0 - *ipotizzata distanza stabilimento 235 km*	
	Viti acciaio inox	ICE v.2.0 - *ipotizzata distanza stabilimento 235 km*	
R1.1	Piastre acciaio inox	bauforumstahl e.V. (EPD-BFS-20130094-IBG1-EN) *cradle to gate - 340 km*	
	Barre acciaio inox	Pittini (EPDITALY0090) *cradle to gate - 150 km*	
R2.2	Malta strutturale	Mapei Antique NHL (EPD-FEI-20160017-IBG1-EN) *cradle to site*	
R2.3	Barre acciaio	Pittini (EPDITALY0090) *cradle to gate - 150 km*	

Tab. 13.18. Fonti impiegate per il calcolo di EE ed EC degli input materiali di scenario (i) e (ii)

13.4. Bibliografia di capitolo

Hammond G.P., Jones C., 2011. Inventory of Carbon & Energy (ICE), version 2.0. Sustainable Energy Research Team, Department of Mechanical Engineering, University of Bath (UK).

Regione Veneto (2020b). Prezzario Regionale dei Lavori Pubblici - Aggiornamento Anno 2019. Analisi Prezzi. Assessorato ai Lavori Pubblici, Infrastrutture e Trasporti, Area Infrastrutture e Lavori Pubblici, Direzione Lavori Pubblici ed Edilizia – Unità Organizzativa Lavori Pubblici. https://www.regione.veneto.it/web/lavori-pubblici/prezzario-regionale [01.2020]

Regione Veneto (2020a). Prezzario Regionale dei Lavori Pubblici - Aggiornamento Anno 2019. Elenco Prezzi. Assessorato ai Lavori Pubblici, Infrastrutture e Trasporti, Area Infrastrutture e Lavori Pubblici, Direzione Lavori Pubblici ed Edilizia – Unità Organizzativa Lavori Pubblici. https://www.regione.veneto.it/web/lavori-pubblici/prezzario-regionale [01.2020]

Ruby I. e Ruby A., 2010. Toward a gay science of construction. In: id., *Re-inventing Construction*, pp. 10-19. Berlin: Ruby Press



PARTE V - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI



14. Discussione

> *"Urban Mining" is a term that epitomises the city of tomorrow. It links a wide-ranging perspective with creative dive and this must be particularly emphasised, with useful and scalable instruments that already exist (Bachmann, 2019).*

14.1. Risvolti teorici dell'analisi

I capitoli contenuti nell'analisi hanno esaminato i risultati emersi dalla ricerca, determinando come essi forniscano le risposte alle quattro *research question* Alla luce dei propositi generali della tesi, tale analisi permette di inscrivere il ruolo delle strategie di riuso di elementi in architettura all'interno di due cornici tematiche differenti. Dal punto di vista della loro concettualizzazione, queste strategie si caratterizzano per la capacità di promuovere una sostenibilità di tipo integrato e, in un'ottica di preservazione del patrimonio immateriale, si qualificano come pratica dalla forte valenza culturale (capitolo 11). In merito all'implementazione pratica di questi processi, appare possibile integrare le metodologie attualmente in uso con l'obbiettivo di fornire una strutturazione più adeguata alle informazioni raccolte nel corso dell'audit pre-demolizione, mirando a incentivare i processi di reimpiego e superando l'accezione di rifiuto per gli elementi di recupero (capitolo 12). Sulla base di queste considerazioni, la sperimentazione dei suggerimenti proposti (*output*) per il procedimento di decostruzione attraverso la loro applicazione a un caso reale ha permesso di verificare quale sia l'esito di queste strategie, analizzandone i risultati nella doppia prospettiva culturale e tecnica (capitolo 13).

In questa prospettiva, la capacità di preservazione della cultura materiale propria del reimpiego, unita agli ulteriori vantaggi in termini di sostenibilità che esso favorisce, può tradursi in una leva in favore della più sistematica adozione di queste pratiche. Come sottolinea anche Bachmann nella citazione di apertura del capitolo, l'attuazione dei processi di riuso di prodotti e componenti edilizi in ambito urbano necessita esattamente di tale approccio, poiché intende coniugare "uno scatto creativo" a "strumenti che esistono già"[1]. Questi ultimi, come suggerito dalla presente ricerca, possono essere integrati al fine di incrementare la propria efficacia e di permettere una visione di insieme che li renda più flessibili, realmente modulabili a scale diverse [*scalable*]. Ciò nonostante, la attuale e convenzionale gestione del costruito esistente dimostra l'inerzia propria del settore delle (de-)

1 - Va considerato che Bachmann (2019) si riferisce allo *urban mining* in termini più ampi, comprendendo anche le pratiche di riciclo, nell'ottica dell'insieme dei vantaggi che una gestione circolare delle risorse materiali interna alle aree urbane può produrre in termini di sostenibilità, attraverso l'allontanamento da una logica di approvvigionamento "imperialista".

pagine 402 e 404: Cantiere di demolizione selettiva dei fabbricati residenziali multipiano di via Anelli, Padova, luglio 2020 (Elisa Zatta)

costruzioni in ottica della transizione verso un modello circolare.
Quanto qui discusso suggerisce una interpretazione teorica degli esiti della ricerca dalla quale conseguono alcune considerazioni, discusse nei prossimi paragrafi e da leggere in riferimento a due temi connessi tra di loro. Il primo di questi è relativo all'approccio culturale proprio degli attori coinvolti nel *Reuse Design Project* e al ruolo che tale punto di vista riveste nell'attivare le dinamiche alla base di queste strategie. Il secondo concerne invece il contesto operativo entro il quale il processo progettuale volto al reimpiego si inserisce e gli strumenti suggeriti operano.

14.2. Progettare il riuso

14.2.1. Dal "bricoleur" allo "strategic thinker"

Gli esiti della ricerca dipingono uno scenario all'interno del quale (i) la pratica progettuale (capitolo 11) e (ii) la gestione del processo (de-)costruttivo (capitolo 12) sono costretti ad assumere caratteri innovativi al fine promuovere l'efficacia del riuso di elementi edilizi. Stabilire i vantaggi del reimpiego quale strategia consapevole del "valore di risorsa", trasversale alla sostenibilità, proprio dei prodotti e componenti riutilizzati e definire strumenti di supporto all'implementazione dello *urban mining* sono infatti condizioni necessarie, ma non sufficienti.

(i) pratica progettuale
Il progettista si trova a dover adottare un nuovo approccio, basato sulla transizione da un processo progettuale convenzionale, *goal-oriented,* a uno fortemente influenzato dalle risorse disponibili, dunque *means-oriented* (van Hinte et al., 2007). Non si tratta, tuttavia, di un approccio realmente *nuovo*, se si considera la descrizione che Lévi-Strauss (2015) compie della figura del *bricoleur*:

> il suo modo pratico di procedere è inizialmente retrospettivo: egli deve rivolgersi verso un insieme già costituito di utensili e materiali, farne o rifarne l'inventario, e infine, soprattutto, impegnare con esso una sorta di dialogo per inventariare, prima di sceglierne una, tutte le risposte che l'insieme può offrire al problema che gli viene posto.

Questo tipo di procedimento, di matrice artigianale, si avvicina in modo evidente a quello dell'architetto che intenda massimizzare il riuso di prodotti e componenti edilizi, sia che si tratti di *on-site mining* che di *urban mining*. Parimenti al *bricoleur,* il progettista subordina le proprie scelte progettuali agli elementi accessibili, dunque "il suo universo strumentale è chiuso, e, per lui, la regola del gioco consiste nell'adattarsi sempre all'equipaggiamento di cui dispone, cioè a un insieme via via 'finito' di arnesi e materiali". Una ulteriore analogia emerge se si considera che "la composizione di questo insieme non è in rapporto col progetto del momento, né d'altronde con nessun progetto particolare, ma è il risultato contingente di tutte le occasioni che si sono presentate di rinnovare o di arricchire lo stock o di conservarlo con i residui di costruzioni e di distruzioni antecedenti" (Lévi-Strauss, 2015).
Sulla scorta delle possibilità fornite dagli elementi a disposizione, e proprio per via della loro imprevedibile eterogeneità, il progettista affronta una fase di "dialogo con l'inventario", nel corso della quale esplora tutti i possibili esiti ottenibili (re) impiegando gli strumenti che si trova di fronte. Come Sennett nota descrivendo l'"uomo artigiano" (2017) questa fase del processo lavorativo richiede "qualcosa che alla mente ben ordinata ripugna, e cioè sostare temporaneamente nel disordine:

mosse false, false partenze, vicoli ciechi" poiché l'esito *ad hoc* "è qualcosa che si conquista, non che si concepisce prima". La coscienza materiale, a parere di Sennett, dirige la propria attenzione nei confronti delle cose che possiamo cambiare. Di tutte le circostanze in cui ciò può avvenire, una delle più difficoltose per l'artigiano è quella in cui egli si trova nelle condizioni di "conservare consapevolmente una forma" all'interno di un cambiamento di dominio dell'elemento con il quale opera, ovvero le situazioni nelle quali "un attrezzo usato inizialmente per un dato scopo può essere applicato a un altro compito". Ciò avviene, ad esempio, quando è l'imperfezione degli attrezzi, dovuta alla loro qualità non ottima o alla difficoltà di gestione, che ci pone un problema da risolvere: in quale modo impiegarli. In quei casi, "tanto nella creazione quanto nella riparazione, il problema può essere superato adattando la forma dell'attrezzo oppure improvvisando con l'attrezzo così com'è, usandolo in un modo non previsto. In entrambi i casi, sarà stata l'imperfezione dell'attrezzo a insegnarci qualcosa". Nell'opinione di Sennett, dunque, le anomalie, le deviazioni dalla norma possiedono un valore: la capacità di innescare la creatività e l'immaginazione, creando una occasione per ampliare le competenze e fornendo uno "stimolo a ripensare il modo di fare le cose, di fronte alla necessità di ripararle".
Attraverso il salto intuitivo tra domini diversi, che costituisce il nucleo del processo creativo (Sennett, 2017), il progettista restituisce anche l'ordine al procedimento artigiano che ne era stato privato dalla fase precedente poiché:

> siamo affascinati dalla distruzione e dal disordine. Il disordine turba i nostri schemi ma fornisce materia per schemi nuovi, e noi siamo costruttori di schemi. Lo scarto è pieno di nuove forme e porta segni sottili della sua origine e del suo uso precedente (Lynch, 1992)

L'individuazione di tali nuove forme e segni sottili rimanda al "lavoro da detective" che Scalbert (2013) associa alla pratica architettonica, relativo all'osservare gli oggetti, al guardare "sotto e attraverso gli oggetti, quali fonte di conoscenza, segni di una momentanea ingegnosità". Dunque, l'architetto-*bricoleur*

> fiuta intorno, rovista tra le vecchie cose, tra materiali ed artefatti tanto quanto tra idee e concetti. Interroga gli oggetti eterogenei che compongono il suo tesoro, cercando di scoprire cosa possa significare ciascuno di essi (…) ed elude le restrizioni imposte dalla specifica storia dei materiali a sua disposizione (Scalbert, 2013).

Perseguire questo approccio significa dunque adottare delle tattiche, delle strategie, che sono normalmente collocate al di fuori della pratica architettonica tradizionale, ricercando modi alternativi di "vedere, pensare e adottare un approccio sperimentale" (Gang, 2010) secondo il quale il progettista resta aperto a ogni possibilità e ad ogni variazione.

(ii) gestione del processo (de)costruttivo
Il quadro dipinto dal *Reuse Design Project* richiede che l'atteggiamento progettuale proprio del *bricoleur* sia declinato su una scala completamente differente rispetto a quella in cui è stato finora contestualizzato. Lontano dal mettere alla prova il proprio ingegno e la creatività all'interno di un laboratorio, l'architetto-*bricoleur* dovrà adattarsi a diversi cambiamenti.
Il primo di questi sarà legato alla provenienza dei materiali, non più materie prime trasportate al cantiere indipendentemente dal loro sito di produzione o dagli

impatti che incorporano, bensì un diverso catalogo di prodotti: quelli già in loco. Il secondo cambiamento, connesso al primo, consiste nel fatto che tale catalogo sarà costituito da ciò che circonda il progettista ogni giorno, ovvero dal capitale artificiale. Novello cercatore d'oro (Gang, 2010), l'architetto dovrà esplorare questa "inedita" risorsa per limitare gli impatti ambientali che normalmente sarebbero connessi alla realizzazione degli edifici. Le scelte progettuali dipenderanno in modo diretto dalla valutazione del potenziale insito nei materiali ed elementi già usati, poiché, come sottolineano van Hinte et al. (2007), punto di avvio per il *superuse* è "la consapevolezza dell'interazione tra il design e la disponibilità di materiali esistenti". Un terzo cambiamento nella figura professionale dell'architetto riguarda il ruolo assolto all'interno del processo del *Reuse Design Project*, del quale dovrà essere ancor più il regista. Il coordinamento del progetto e della sua esecuzione è infatti fortemente condizionato dalle caratteristiche di quel capitale artificiale disponibile, il cui catalogo non riporta con precisione le specifiche tecniche e prestazionali, né la possibile funzione.
In questo contesto è necessario affidarsi alle tre capacità fondamentali che Sennett (2017) identifica alla base della perizia tecnica, ovvero "la capacità di localizzare i problemi, la capacità di porsi domande su di essi e la capacità di 'aprirli'. (…) La capacità di aprire i problemi attinge al salto intuitivo, in particolare alla sua caratteristica di accostare domini eterogenei mantenendo intatto, nella traslazione, il sapere tacito". L'applicazione di questo approccio a una scala maggiore di quella artigiana, quale è quella urbana, richiede tuttavia di dover controllare una quantità di "variabili materiali" vasta e composita, esigendo una conoscenza pregressa approfondita in merito a sistemi costruttivi, mercato locale, rete degli operatori disponibili. Per queste ragioni è fondamentale perfezionare gli strumenti di supporto esistenti, così da incrementarne l'efficacia e, cosa non secondaria, la diffusione. Ugualmente importante appare l'introduzione della figura dell'*auditor* all'interno del processo. Quella di riconoscere le opportunità è la capacità fondamentale che van Hinte et al. (2007) individuano nella professione dello *scout*, ciò nonostante "a parte l'abilità di comprendere il potenziale di utilità dei materiali, tale professionista dovrà essere familiare con gli *in and out* dettati da trasporti e costi e conoscere i metodi per rendere gli elementi recuperati adatti all'applicazione".
In questa nuova gestione del processo, il progettista è tenuto a impiegare tutti gli strumenti a sua disposizione (audit pre-demolizione, database, piattaforme), adottando un approccio che Baker Brown (2017) definisce proprio dei

> pensatori strategici sin dall'avvio del processo progettuale, persone con una profonda comprensione dei processi esistenti di progettazione e produzione nonché, elemento cruciale, di flussi materiali.

14.2.2. Dalla demolizione alla decostruzione

L'attenzione dedicata all'implementazione di una metodologia progettuale, quella del *Reuse Design Project*, e al suo esame sullo sfondo delle dinamiche del settore edilizio europeo, permette di interpretare in chiave culturale alcune delle difficoltà che questo tipo di approccio incontra.
Il tema della decostruzione non costituisce una novità nella ricerca accademica, sia nazionale che internazionale. Dal punto di vista della pratica architettonica, gli stessi principi del *Design for Disassembly* affondano le proprie radici

nelle realizzazioni di architettura sostenibile di inizio anni Novanta, le quali privilegiavano l'impiego di tecniche costruttive a secco e il perseguimento di una separazione degli strati funzionali volta ad agevolare manutenzione e sostituzione degli elementi. L'attenzione che ruota intorno a questi temi da almeno due decenni non sembra però aver comportato reali mutamenti all'interno del settore edilizio italiano ed europeo, nonostante tali sistemi costruttivi rappresentino uno strumento per ridurre gli impatti ambientali di fronte a uno scenario che sempre più ricorda l'urgenza di agire in questo senso.

Da un lato, le tecniche costruttive consolidate restano le più diffuse per le realizzazioni di dimensione contenuta, circostanza dettata dalla scarsa propensione all'innovazione delle imprese di costruzione, dal maggiore costo richiesto da sistemi costruttivi non tradizionali – o di impiego più raro – e da un generale disinteresse nei confronti delle esternalità ambientali prodotte dalle attività edilizie nel momento in cui non vanno a incidere sul portafoglio[2]. La costruzione a secco non viene impiegata in modo esteso se non, in tempi più recenti, per alcuni sistemi prefabbricati che stanno gradualmente acquisendo una fetta stabile del mercato italiano ed europeo, come quelli in CLT (*Cross-Laminated Timber*)[3] o, in minor misura, a telaio in legno. Dall'altro lato, come avviene nel caso della tradizione edilizia, il *Design for Deconstruction* viene valutato secondo una prospettiva la cui attenzione si concentra sul processo progettuale che si conclude con la realizzazione dell'opera: sebbene si tratti di sistemi finalizzati alla futura de-costruzione, quest'ultima appare un concetto demandato a un futuro non ben specificato in termini sia temporali che consequenziali. Se non connesso a una effettiva possibilità di reimpiego degli elementi derivati dallo smontaggio di un edificio, il tema della decostruzione non permette di ragionare su un trattamento finale diverso di quello che viene impiegato per un qualsiasi edificio realizzato con tecniche a umido, ovvero una valorizzazione dei componenti recuperati attraverso il riciclo.

Tale scenario sembra suggerire che, fino al momento in cui il *Design for Deconstruction* non acquisirà forma concreta per mezzo di processi progettuali, completi fino al riutilizzo, che ne dimostrino non solo la fattibilità, ma anche l'efficacia, difficilmente si diffonderanno operazioni di governo del fine vita dei fabbricati diverse da quelle di demolizione; selettiva, ma pur sempre orientata a un approccio di gestione ambientale dei rifiuti. Queste circostanze, che sembrerebbero precludere persino le strategie mirate a gestire attraverso processi circolari il costruito futuro, minacciano di rappresentare un ostacolo insormontabile per il riutilizzo degli elementi edilizi appartenenti al costruito esistente. Perché promuovere l'applicazione di tali strategie al patrimonio edilizio attuale, dunque, se alla desiderata preservazione ambientale e culturale degli elementi non può essere associata una fattibilità tecnica?

Di fronte all'inderogabilità della demolizione quale modello di gestione per lo stock edilizio contemporaneo, Ghyoot et al. (2018) sostengono che "non servirà posporre la questione del reimpiego a un futuro incerto. La gran parte del patrimonio costruito attuale, in tutta la sua diversità, si presta già a tali operazioni". L'affermazione è seguita da alcuni esempi, che dimostrano come

2 - Cosa che non avviene dal punto di vista energetico, dato che il ruolo rivestito dai consumi percepiti dagli utenti (perché pagati) è indubbiamente il *driver* maggiore, unitamente agli incentivi fiscali, che spinge i privati a intraprendere lavori di efficientamento dei fabbricati.

3 - https://www.timber-online.net/holzprodukte/2018/11/CLT-production-2017-growing-market.html [12.2020]

i tecnici di Rotor abbiano individuato, perfezionandole con l'esperienza, delle soluzioni ad hoc per la fase di preparazione al riutilizzo di prodotti e componenti anche nell'eventualità che essi derivino da sistemi costruttivi a umido[4]. Tra i casi illustrati vi sono i paramenti murati con leganti a base di calce, nei quali è più semplice separare gli elementi rispetto a quelli con leganti a base cementizia; l'utilizzo di soluzioni leggermente acide per la pulizia dei residui di tipo cementizio sugli elementi ceramici; il taglio preliminare in porzioni di dimensioni ridotte per le pavimentazioni in pietra allettate su malta di cemento. Si tratta di soluzioni la cui validità è stata comprovata attraverso un progressivo affinamento che ha indubbiamente richiesto un dispendio di tempo, comportando dei costi in termini economici. Tuttavia, tali costi sono sostenibili nel momento in cui il metodo perfezionato viene in seguito applicato sistematicamente, perché saranno ammortizzati nel tempo. Ciò rimanda al fatto che, per una adeguata efficacia delle strategie di *urban mining*, è necessario che i *practitioner* individuino uno o più tipi edilizi, oppure uno o più sistemi costruttivi, rappresentativi del costruito locale così da poter replicare in modo efficace le procedure ideate, come già illustrato nel capitolo 11. Quanto discusso denota come la decostruzione del patrimonio edilizio contemporaneo sia subordinata alla definizione di una metodologia progettuale adatta allo specifico contesto, sia dal punto di vista di conduzione del processo che di impiego di tecniche idonee.

L'opportunità di attuare processi di recupero di elementi edilizi non può quindi essere esclusa a priori per il solo fatto di essere applicata a dei fabbricati che non sono stati progettati per facilitarla. Essa necessita tuttavia di premesse strutturate dal punto di vista della conoscenza dei sistemi costruttivi diffusi nel territorio locale, nonché del mercato possibile per i prodotti e componenti recuperati. Non è quindi possibile definire una strategia universale per la decostruzione e il recupero di elementi edilizi, che sia trasferibile dal punto di vista tecnico in qualsiasi contesto, una circostanza che ribadisce l'imprescindibile connessione di queste pratiche con il luogo in cui sono attuate.

Dal punto di vista culturale, ciò rivela come una delle più importanti transizioni da operare per incentivare la sostenibilità in architettura sia quella che muove in direzione di una condivisa ottica di ciclo di vita nel settore delle costruzioni.

Queste ultime sarebbero così considerate non solamente nel loro intero, con la finalità di contenere l'apporto energetico richiesto dalla fase d'uso, ma anche nelle loro parti, per limitare le esternalità dettate da una gestione ancora inadeguata delle risorse materiali – tanto in termini di impatti incorporati, quanto di fine vita.

14.3. Tatto

Se i capitoli dedicati all'analisi dei risultati includono dei suggerimenti volti a migliorare la cornice normativa e operativa contemporanea per creare un terreno più fertile per l'attuazione del *Reuse Design Project* in ambito edilizio, quanto discusso nel presente capitolo solleva il tema relativo alla formazione di tipo culturale che tale approccio progettuale richiede.

Tale esigenza educativa non va intesa unicamente come diffusione di una sensibilità di tipo ambientale, volta a coniugare le nozioni relative al risparmio energetico a quelle relative a una gestione sostenibile delle risorse materiali con cui si realizzano costruzioni e infrastrutture. Perché queste pratiche non solo si

4 - Tale posizione è avvalorata dai risultati ottenuti dall'applicazione dell'audit pre-demolizione proposto al caso studio nel capitolo 13.

diffondano, ma acquisiscano l'efficacia necessaria a concretizzare i benefici che dimostrano *in potenza*, è essenziale promuovere una formazione adeguata degli attori che concorrono nel metterle in pratica all'interno del settore delle costruzioni. Ciò coinvolge in modo diretto l'ambiente universitario e della ricerca, all'interno del quale si potrebbero formare sia lo *strategic thinker* caro a Gorgolewski (2018) che l'*auditor* le cui molteplici competenze, a cavallo tra conoscenza teorica ed esperienza pratica, sono tratteggiate da Superuse Studio (van Hinte et al., 2007) e Rotor (Ghyoot et al., 2018). Si tratta di figure professionali le cui basi concettuali e tecniche appartengono pienamente al dominio delle discipline del progetto[5], nel loro fine di dare forma, attraverso la tecnica umana, alla materia. Per la gestione di quest'ultima è dunque essenziale la formazione dei professionisti a un necessario *tatto*, inteso nella sua doppia accezione di "senso specifico che permette il riconoscimento di alcuni caratteri fisici degli oggetti"[6] – sui quali, toccati con mano nella loro matericità, si fonda il processo progettuale – e di "accortezza nell'agire" – richiesta dalle contemporanee circostanze di tipo ambientale, ma vantaggiosa anche sotto il profilo culturale.

I risultati della presente ricerca possono fornire alcuni spunti in merito a potenziali iniziative in tale direzione, permettendo di immaginarne le ricadute nel mondo professionale, nonché nei settori economici e produttivi. Prestare maggior attenzione alle risorse materiali – in termini di approvvigionamento, impatti incorporati, caratteristiche e proprietà degli elementi, ma anche delle potenzialità espressive che possiedono e del rapporto tra il precedente e il secondo uso – può apparire un manifesto progettuale dal forte contenuto simbolico, ma dai contenuti effetti in termini ambientali. L'operato dei *practitioner* intervistati (capitolo 8) dimostra la possibilità di estendere questo approccio a tutti gli attori della filiera edilizia locale coinvolti nelle diverse fasi del processo progettuale e costruttivo, innescando una circolarità i cui vantaggi sono riconosciuti in modo trasversale. Ciò dimostra come l'introduzione nel mercato di figure caratterizzate da competenze di duplice natura, da un *tatto* volto al riconoscimento delle specificità materiali degli elementi e da un *tatto* capace di prefigurare una gestione degli stessi che ne esalti il potenziale, possa costituire una importante leva per l'allontanamento del settore edilizio dai modelli di produzione e consumo lineari.

5 - Può essere considerato paradossale, come già sollevato diverse volte nel corso della ricerca, che in alcuni Paesi europei si inizi a studiare come formare queste figure professionali (Baratta, 2020), mentre in Italia, nonostante la lunga tradizione artigianale e di valorizzazione della cultura materiale, questo tema non sia affrontato.

6 - https://www.treccani.it/vocabolario/tatto [01.2021]

14.4. Bibliografia di capitolo

Baker Brown D., 2017. The re-use atlas: a designer's guide towards the circular economy. London: RIBA Publishing.

Baratta A.F.L., 2020. Materiali per l'architettura, p. 309. Napoli: CLEAN

Gang J., 2010. The Cook, the Prospector, the Nomad and their Architect: three Approaches to Building with Local Resources. In: Ruby I. e Ruby A. (eds.), *Re-inventing construction*, 163-174. Berlin: Ruby Press

Ghyoot et. al, 2018. Décontruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

Gorgolewski M., 2018. Resource Salvation: The Architecture of Reuse. Hoboken (USA): Johns Wiley & Sons Ldt.

Bachmann G., 2019. Urban Resource Exploitation – Producing Structures in Closed-Loop Material Cycles. In: HIllebrandt A., Rieger-Floors P., Rosen A., Seggewies J.-K., *Manual of Recycling: Building as Sources of Materials*, 10-14. Munich: Edition Detail

Lévi-Strauss C., 2015. Il pensiero selvaggio. Milano: Il Saggiatore.

Lynch K., 1992. Deperire: Rifiuti e spreco nella vita di uomini e città. Napoli: CUEN

Sennett R., 2017. L'uomo artigiano. Milano: Feltrinelli

Scalbert I. e 6a architects, 2013. Never Modern. Zurich: Parks Books

van Hinte E., Jongert J., Pereen C., 2007. Superuse: constructing new architecture by shortcutting material flows. Rotterdam: 010 Publishers

15. Conclusioni

In un contesto di economia materiale circolare, una forma donata deve essere considerata come un capitale (Ghyoot et al., 2018).

15.1. Sintesi della ricerca di dottorato

15.1.1. Note sul percorso

La ricerca di dottorato ha inteso esplorare un tema sin dall'inizio afferente a due sfere diverse, connesse tra loro dall'impiego del termine *risorsa*.
Le *risorse* materiali sono ciò con cui si costruisce e l'Antropocene impone una riflessione circa la gestione che di esse si compie nell'atto del costruire. Nonostante tale periodo non possieda ancora una definizione formale come epoca geologica, le ricerche più recenti (Zalasiewicz et al., 2017) identificano la metà del 20° secolo come il punto di rottura nelle dinamiche che caratterizzavano l'Olocene. Se le tracce di questo cambio di ritmo vanno cercate tra i sedimenti prodotti dall'attività umana, nulla più dello stratificato ambiente costruito costituisce testimonianza tangibile dei modelli di produzione e consumo contemporanei. A questo riguardo, Waters e Zalasiewicz (2018) indicano che il calcestruzzo, definito "un componente ubiquo della tecnosfera moderna" a partire dal secolo scorso, può essere considerato "la più abbondante roccia sedimentaria antropogenica sul pianeta". All'incauto consumo di suolo e risorse materiali prodotto dalle sostenute dinamiche economiche degli ultimi settant'anni si associa il fatto che le infrastrutture e costruzioni realizzate a partire dal Secondo Dopoguerra non spiccano per durabilità, o meglio, appaiono soggette a una precoce senescenza per carenze di tipo funzionale, sismico, tecnico, energetico. Se già al giorno d'oggi appare difficile gestire la notevole quantità di rifiuti da costruzione e demolizione prodotta, uno sguardo al futuro non apre prospettive rasserenanti.
La principale *risorsa* umana è l'ingegno, allenata dote che ha permesso all'uomo di sopravvivere in ambienti ostili, evolvere e apprendere a sfruttare le leggi della natura per vivere raggiungendo un sempre maggiore benessere. Questa straordinaria capacità è stata rivolta negli ultimi decenni a minare la relazione tra l'uomo e il pianeta in cui vive, attraverso processi produttivi di tipo lineare: come ironicamente, e forse amaramente, rileva Manzini (1990),

> per l'uomo produrre l'artificiale è un'attività assolutamente naturale.

In un quadro che sembra avere ormai superato il punto di non ritorno[1], nel quale

1 - A meno che non si scelga di adottare la lecita prospettiva di Georgescu Roegen (1982): "Ma, da quando ho cominciato a interessarmi della natura entropica del processo economico, non riesco a liberarmi di un'idea: è disposto il genere umano a prendere in considerazione un programma che implichi una

persino le pagine web ci notificano in tempo reale quanto la deforestazione aumenti a livello globale – istante dopo istante – durante la nostra permanenza online[2], l'ingegno umano è alla ricerca di soluzioni ai problemi che ha, un po' ingenuamente, contribuito a creare. Nel caso delle costruzioni, e nello specifico delle demolizioni, le politiche incentivano il riciclo dei materiali, nonostante sia oramai evidente che questa strategia possa soltanto rincorrere un volume di produzione in continua crescita senza mai riuscire a raggiungerlo. Il tema di processi circolari più efficienti sotto il profilo ambientale, che alla scala di prodotto sono già in fase di implementazione, diventa in tempi recenti oggetto di ricerca nel campo dell'architettura; il rifiuto da costruzione e demolizione ritorna *risorsa*. Queste premesse hanno fornito uno spunto alla costruzione di una cornice teorica interdisciplinare, che ha consentito di affrontare il tema del riuso di prodotti e componenti edilizi sotto più punti di vista. Nello specifico, la strutturazione della ricerca ha inquadrato le potenzialità che questa strategia dimostra nella gestione sostenibile del capitale artificiale, in particolar modo all'interno del metabolismo dei contesti urbani, preservando il valore incorporato nelle risorse che compongono l'ambiente costruito. In tempi passati tali processi, esito dell'ingegno, rappresentavano la norma e, con uno sguardo a posteriori, rivelano come il reimpiego di elementi architettonici non fosse motivato solamente da un risparmio in termini di materiali ed energia, bensì intendesse in molti casi veicolare dei contenuti semantici grazie alla preservazione dell'integrità formale dell'elemento. Queste circostanze permettono, al giorno d'oggi, di vedere conservata la cultura materiale del passato nella composta stratificazione degli insediamenti umani.

Lo stato dell'arte sul tema dipinge come indispensabile l'adozione di un approccio che tenga in considerazione l'intero ciclo di vita dei prodotti e componenti da costruzione. Ciò si articola, da un lato, attraverso una progettazione più consapevole dei beni e delle nuove architetture e, dall'altro, per mezzo dell'applicazione di processi più efficienti del riciclo nella gestione del fine vita. Le politiche internazionali sostengono l'implementazione di strategie circolari nella sfera delle costruzioni, tuttavia è possibile rilevare un ritardo del quadro normativo di settore nell'affrontare questi temi in un'ottica innovativa. I vantaggi del riuso sembrano estendersi anche oltre la sfera ambientale. Esso consente, in linea teorica, una maggior efficacia del riciclo, prospettiva che emerge con chiarezza prendendo in considerazione gli impatti incorporati degli elementi edilizi e i benefici prodotti dall'estensione della vita utile in ottica di LCA. Se i principali protocolli per valutare la sostenibilità ambientale riconoscono l'apporto consentito dalle strategie di reimpiego nel promuovere la gestione efficiente delle risorse materiali, la visione trasversale che caratterizza gli *SDGs* suggerisce un inquadramento più ampio dei molteplici benefici dei processi circolari attuati dai *loop* più interni. Da un lato, la sfera istituzionale sembra muovere a rilento nel cogliere queste opportunità, restia ad abbandonare una linea di indirizzo volta, in ambito edilizio, alla promozione della sola efficienza energetica. Dall'altro, l'attuale approccio *bottom-up* di ricercatori e progettisti promuove una valorizzazione delle risorse materiali presenti nel costruito. Strateghi dello *urban mining*, essi si avvalgono di

limitazione della sua assuefazione alle comodità esosomatiche? Forse il destino dell'uomo è quello di avere una vita breve, ma ardente, eccitante e stravagante piuttosto che un'esistenza lunga, noiosa e vegetativa. Siano le altre specie – le amebe, per esempio – che non hanno ambizioni spirituali, a ereditare una Terra ancora immersa in un oceano di luce solare".

2 - https://lab24.ilsole24ore.com/sostenibilita-ambientale-2020/ [01.2021]

processi innovativi e di strumenti realizzati ad hoc per facilitare la circolazione di elementi edilizi nei contesti urbani, ponendo particolare attenzione alle metodologie per la decostruzione degli edifici e per l'approvvigionamento delle risorse recuperate.
Lo scenario emerso, trasversale a più ambiti, ha permesso di inquadrare con maggior precisione le indagini volte a conseguire i due propositi generali della tesi e mirate a verificare il ruolo che il reimpiego di elementi può giocare nella gestione dell'ambiente costruito.
Da una parte ci si proponeva di definire l'idoneità dei processi di riuso nel promuovere una sostenibilità di tipo trasversale, mentre, dall'altra, si intendeva determinare metodi e gli strumenti per applicare queste strategie nei processi edilizi in modo adeguato a tale sostenibilità di tipo integrato. Ciò ha portato alla definizione delle quattro *research question* di seguito riportate:

(i) *L'implementazione del riuso in architettura contribuisce a ottenere ricadute più ampie di quanto non faccia il riciclo, non solo in termini ambientali, ma nell'ottica di una sostenibilità in chiave trasversale?*;

(ii) *Il reimpiego di elementi edilizi in architettura è considerato, da chi lo pratica al giorno d'oggi, uno strumento di preservazione della cultura materiale?*;

(iii) *Come individuare le barriere normative esistenti che costringono le pratiche di reimpiego a una dimensione di nicchia e sistematizzarle al fine di suggerire degli interventi che contribuiscano a ridimensionare questi ostacoli?*;

(iv) *È possibile, e in che modo, ottenere risvolti positivi dall'adozione sistematica di questi strumenti nella gestione dell'ambiente costruito, analizzandoli e suggerendo eventuali integrazioni alle carenze riscontrate?*

Per rispondere a ciascuna di esse sono stati impiegati metodi diversi. Nel primo caso, la sostenibilità trasversale dei processi di reimpiego è stata indagata filtrandone gli esiti attraverso la cornice promossa dagli SDGs e riscontrando questi risultati nelle posizioni sul tema emergenti dalla letteratura. Nel secondo caso, l'accezione del "valore di risorsa" che i progettisti contemporanei individuano negli elementi di reimpiego è stato esaminato attraverso una analisi critico-interpretativa di casi studio recenti e la conduzione di interviste a *practitioner* attivi nel settore. Il terzo caso ha prodotto una sistematizzazione dei fattori ostativi alla diffusione del riuso di elementi in edilizia a partire da un'analisi critica del quadro normativo attuale, contestualizzandone gli esiti all'interno della cornice prodotta dalla letteratura. Nel quarto caso è stata indagata l'applicazione a scala urbana delle metodologie e degli strumenti proposti, sia a livello di processo che di indicazioni operative, al fine di verificarne l'efficacia e suggerire eventuali integrazioni.

15.1.2. Esiti raggiunti e loro rilevanza

Le indagini condotte hanno permesso di restituire un quadro complessivo approfondito dei processi di riuso di elementi in architettura, esaminato nelle caratteristiche, nel ruolo, negli attori coinvolti e negli strumenti che distinguono il *Reuse Design Project* da un approccio di tipo convenzionale. Ciò può essere letto in diretto riferimento alla doppia accezione del concetto di *risorsa,* inteso nella

forma materiale e nella forma di ingegno.
Un primo esito, emerso dalle indagini condotte per le RQ_(i) e RQ_(ii), è quello che determina come le strategie di reimpiego in architettura si rivelino appropriate in termini di gestione sostenibile del costruito esistente, superando la comune accezione volta al solo efficientamento energetico. Non si tratta naturalmente di un'alternativa a quest'ultimo, bensì di processi che si dimostrano complementari ad esso nel perseguire l'efficienza delle risorse materiali tenendo in considerazione gli impatti in queste incorporati. Soprattutto, appare il modo più adeguato per perseguire la sostenibilità ambientale ove si riveli impossibile intraprendere operazioni di recupero dell'organismo edilizio, per via di una scarsa convenienza economica in relazione alla fattibilità tecnica e al valore simbolico riconosciuto nell'edificio. Se le ricadute di tipo ambientale rappresentano indubbiamente la ragione più rilevante per i progettisti che intraprendono questo tipo di approccio nella realizzazione di nuovi edifici, allo stesso tempo il tema della preservazione della cultura materiale dimostra di acquisire in tempi recenti una rilevanza sempre maggiore. Il riconoscimento di tale dimensione supera la sola identificazione negli elementi di un valore di testimonianza del passato, o dettato dalla patina nel tempo, poiché se è vero che in alcuni casi il riuso si rifà esplicitamente a tecniche costruttive tradizionali, nel più dei casi rivolge la propria attenzione agli artefatti contemporanei quale "capitale informato" (Ghyoot et al., 2018). L'ingegno dei *practitioner* si rivela nella loro capacità di individuare una risorsa nelle potenzialità inespresse di questi elementi, per inserire il capitale artificiale che incarna il corrente modello produttivo lineare, a dispetto delle proprie origini, in un processo circolare.
Un secondo esito, emerso dalle indagini condotte per le RQ_(iii) e RQ_(iv), è quello che individua le modalità operative attraverso le quali l'identificazione di un valore di risorsa nei prodotti e componenti di reimpiego può fornire un contributo al progetto sostenibile di architettura. Anche in questo caso, le ricadute di ordine positivo sono legate ai vantaggi di tipo trasversale propri di questa pratica, la quale incontra tuttavia notevoli ostacoli alla propria diffusione in virtù del carattere "artigianale" che caratterizza, al giorno d'oggi, questi processi. Il quadro normativo dimostra di aggravare tale circostanza, mentre, in qualità di trasposizione operativa delle politiche internazionali e nazionali, dovrebbe costituire la prima leva per una transizione verso una effettiva circolarità delle costruzioni. Ciò che emerge attraverso l'analisi del *Reuse Design Project*, e del suo inserimento nel più ampio scenario delle dinamiche convenzionali del settore edilizio, è la necessità di apportare dei cambiamenti strutturali non solo al processo costruttivo e di gestione delle risorse, ma anche a quello progettuale, perché le strategie di reimpiego siano efficaci. In primo luogo, tale cambiamento si qualifica come un cambiamento di matrice culturale. In questo senso, l'approccio al tema dei rifiuti da C&D necessita di allontanarsi dall'accezione di gestione ambientale e riduzione del danno per abbracciare una prospettiva progettuale e di prevenzione degli impatti. Gli strumenti come l'audit pre-demolizione devono essere finalizzati a incoraggiare i processi di recupero più efficaci e, ove possibile, a consentire il reimpiego di elementi senza che essi entrino nel regime giuridico dei rifiuti. In secondo luogo, il settore edilizio manca correntemente di una filiera e di un mercato sufficientemente forti da consentire una immediata diffusione del riuso. La necessaria promozione delle strategie circolari non può avvalersi solamente del contributo *bottom-up* dei professionisti, ma richiede l'intervento delle politiche volte alla gestione efficiente delle risorse nell'integrazione del

quadro normativo e nella sua restituzione in qualità di "leva" dei processi circolari più efficaci. In terzo luogo, è necessario che le figure coinvolte nel processo progettuale possiedano le competenze richieste per fornire un supporto di tipo innovativo. Da un lato, questo si riflette sulla necessità di una manodopera specializzata in grado di padroneggiare le operazioni di decostruzione e preparazione per il riutilizzo degli elementi recuperati, circostanza che implica adeguate conoscenze tecniche e delle proprietà fisico-chimiche dei prodotti e componenti. Dall'altro, appare evidente che anche le competenze dei progettisti debbano acquisire una dimensione più ampia, con specifico riferimento alla gestione dei flussi materiali in essere nel contesto locale e alle dinamiche che li producono. Esulando dallo specifico ambito del riuso di elementi, si tratta di una sensibilità ambientale più che mai necessaria, finalizzata a minimizzare le esternalità riconoscendo l'importanza di fattori come prossimità, limitati impatti incorporati, valutazione del ciclo di vita delle costruzioni e dei sistemi costruttivi impiegati. All'architetto-*bricoleur* non può tuttavia essere richiesto di governare l'intero flusso di informazioni prodotto dal processo progettuale del RDP, del quale è già incaricato di compiere il coordinamento. Se il progettista è deputato a gestire in modo efficiente le risorse a sua disposizione, impiegando la propria creatività e le conoscenze tecniche, necessita di una figura di supporto che gli permetta di conoscere il perimetro della "cassetta degli attrezzi"[3] di cui si avvale. Tale circostanza rimanda alle competenze proprie della figura dell'*auditor*, attore intermedio tra impresa e studio di progettazione attualmente assente all'interno del settore italiano ed europeo. Esulando dalle necessarie conoscenze che vanno obbligatoriamente acquisite sul campo sia dal progettista che dall'*auditor*, dei percorsi formativi orientati a un approccio più pratico alle costruzioni, alle proprietà degli elementi edilizi dei sistemi costruttivi tradizionali e alle loro potenzialità inespresse, consentirebbero di inserire nel mondo del lavoro delle figure professionali capaci di promuovere una transizione verso la circolarità.

15.1.3. Relazione con altre linee di ricerca sul tema

Le principali linee di ricerca contemporanee sul riuso di elementi in architettura, illustrate nel capitolo 5, possono essere ricondotte a tre filoni distinti.
Il primo di essi è quello che declina il tema del reimpiego di prodotti e componenti in prospettiva futura, indagando le potenzialità di *Design for Change* e *Design for Disassembly* con particolare attenzione alla digitalizzazione delle informazioni costruttive delle nuove realizzazioni. Si tratta di due strategie differenti poiché nel primo caso il principio di estensione della vita utile è applicato all'organismo edilizio nella sua interezza e viene perseguito attraverso l'adattabilità nel tempo del fabbricato, mentre nel secondo viene esaminata la progettazione per la durabilità propria degli elementi e sistemi costruttivi, finalizzata al renderli idonei a più cicli di vita successivi. Queste due strategie condividono tre tematiche fondamentali, quella della reversibilità della costruzione, quella del fattore tempo (inteso come contenimento dei tempi di montaggio e smontaggio) e quella dell'informazione digitalizzata delle nuove realizzazioni. Seppure il *DfD* sia attuato alla medesima scala di applicazione delle indagini che caratterizzano la presente ricerca, l'applicazione di un approccio volto al reimpiego di elementi edilizi del passato si distingue nettamente da quello che riguarda le costruzioni

3 - Intesa come l'"universo strumentale" del *bricoleur* di Lévi-Strauss (2015), "l'insieme via via finito di arnesi e materiali".

future. Ciò è dovuto alle caratteristiche del capitale artificiale che ci si propone di gestire in modo efficiente una volta giunto il fine vita dell'edificio: in un caso progettato per essere smontato e riutilizzato, ma anche riparato e sostituito, nell'altro progettato senza alcuna considerazione a riguardo. Tale divergenza si traduce in prospettive differenti in merito alla pianificazione e organizzazione delle attività di decostruzione e reimpiego, come in relazione alla gestione del processo progettuale e costruttivo. Nel primo caso ci si può avvalere di una rilevante ingegnerizzazione della componentistica, soprattutto attraverso una prefabbricazione che predilige sistemi costruttivi a secco e la compatibilità, nel secondo le soluzioni progettuali vanno sempre definite ad hoc, in relazione allo specifico contesto.

Il secondo filone coinvolge principalmente progettisti che operano a cavallo tra pratica professionale e ricerca, sia accademica che sul campo. Attivi per lo più in area nordeuropea, essi indagano gli esiti dell'applicazione dei principi circolari agli edifici del passato, con lo scopo di liberare le "risorse a rendere" conservate nel costruito ed esaminando l'andamento di tali dinamiche all'interno dei meccanismi metabolici urbani. Queste ricerche sono caratterizzate da forti legami con lo specifico contesto e non si limitano a una prospettiva di ricadute ambientali delle strategie di riuso, esaminando anche i vantaggi che esse possono produrre sul tessuto locale, sociale ed economico. All'interno di tale perimetro si inscrive anche l'interesse dimostrato per il riuso quale strumento di preservazione della cultura materiale attraverso la conservazione dell'integrità degli elementi edilizi. Le indagini afferenti a questo filone si caratterizzano per condurre delle sperimentazioni con un taglio interdisciplinare, coniugando di volta in volta gli aspetti illustrati alle analisi volte a verificare gli esiti ottenuti sotto il profilo ambientale, al fine ottenere un progressivo affinamento di processo. A tale scopo si avvalgono di un dialogo costante con gli operatori del settore, siano essi attori coinvolti dal processo progettuale, costruttivo o decostruttivo, oppure imprese del luogo che permettono di contribuire a una economia di tipo circolare.

Il terzo filone emergente dallo stato dell'arte è quello relativo alle linee di indagine sul tema proprie della ricerca italiana. Se la tradizione conservativa che si manifesta nel riuso degli organismi edilizi è connaturata alla nostra cultura architettonica, non si può dire lo stesso in merito ai prodotti e componenti che li costituiscono (con esclusione degli elementi di pregio), i quali non sono tendenzialmente considerati come risorsa, né materiale né economica, circostanza che detta uno scarso interesse nei confronti di processi non convenzionali per il recupero dei rifiuti da C&D. Si tratta con molta probabilità di una condizione legata alla tradizione costruttiva italiana, la quale a partire dagli anni Settanta risente di quella che Nardi (1994) definisce la "crisi della figura dell'architetto" all'interno di un più generale declino della cultura tecnologica. Inizia così, secondo l'autore, una implicita delega dei progettisti ad altri campi del sapere per la risoluzione dei problemi tecnici, che porta, con il tempo, a una indifferenza nei confronti della tecnica:

> questo atteggiamento è reso possibile perché si ritiene, erroneamente, che le possibilità tecniche siano esuberanti rispetto alle esigenze della forma: per raggiungere l'obbiettivo, cioè, si pensa che si possano adottare indistintamente diverse tecniche, tutte adatte e allo stesso tempo nessuna determinante (Nardi, 1994).

Tali circostanze si riflettono sull'esito materiale della progettazione e, nello specifico del costruito, sulla composizione dei rifiuti da C&D dell'edilizia diffusa. Per tale ragione la ricerca contemporanea nell'ambito nazionale concentra i propri sforzi sulla gestione della grande quantità di materiali inerti derivanti da tali attività, affrontando al tempo stesso le resistenze all'innovazione proprie del settore edilizio e dei suoi operatori. Queste linee di indagine approfondiscono le possibili applicazioni degli inerti, attraverso la conduzione di analisi LCA volte a confrontare gli impatti del riciclo con quelli dettati da gestioni alternative, oppure promuovendo soluzioni circolari innovative attraverso la reintroduzione dei materiali riciclati nella filiera edilizia. Queste iniziative, nell'indagare metodi di gestione più efficienti della componente quasi totalitaria dei rifiuti da C&D, appaiono ancor più rilevanti nella prospettiva attuale del mercato degli aggregati riciclati, i quali soffrono una forte carenza di domanda anche in merito ad applicazioni che ne comportano un *downcycling*.
La mia ricerca si colloca nel perimetro delineato dal secondo filone, senza tuttavia andare a radicarsi all'interno di uno specifico contesto geografico, di mercato o economico, sebbene la conduzione delle indagini abbia privilegiato l'ambito europeo e gli strumenti proposti siano stati applicati a un caso studio italiano.

15.2. Limiti della ricerca

Il carattere qualitativo dei metodi impiegati, nonché la molteplicità degli stessi, può sollevare dei dubbi circa la mancanza di rigore all'interno del percorso di ricerca e la possibilità che opinioni e punti di vista personali abbiano influenzato gli esiti raggiunti. Tuttavia, l'ampiezza dell'argomento esaminato e la sua trasversalità a più domini non permetteva l'adozione di metodi quantitativi, richiedendo al contrario di indagare prospettive ed esperienze personali, piuttosto che dati numerici incontrovertibili. Questo può comportare delle difficoltà anche in termini di riproducibilità del metodo, dettate dalla eventuale scelta di differenti cornici interpretative (in alternativa agli SDGs), o dall'analisi di diversi casi studio, in relazione a quantità e tipo di interviste realizzate.
Una delle criticità principali è riscontrabile proprio in relazione a queste ultime, poiché un campione di soli tre incontri appare limitato per consentire di trarre delle conclusioni rappresentative a scala non solo locale, ma propria del contesto europeo. Se tale criticità è indubbia, va comunque specificato che non sono molti i professionisti che si occupano in modo dedicato alle pratiche di reimpiego di prodotti e componenti edilizi all'interno dello scenario internazionale, soprattutto nel tentativo di portare queste strategie al di fuori di una applicazione saltuaria e artigianale. In questo senso si è trattato della selezione di un campione mirato di "osservatori privilegiati" (Sala, 2010).
La decisione di condurre delle interviste semi-strutturate può analogamente sollevare dei dubbi circa il rigore del metodo; tuttavia, come esplicitato nel capitolo 8, si tratta di una decisione dovuta all'interesse della ricerca nelle "opinioni e punti di vista che l'intervistato *ritiene* importanti (l'enfasi è sulla prospettiva individuale, sull'esperienza e sul senso dato a tale esperienza da parte dell'individuo)" (Sala, 2010). Il fatto che gli incontri non siano stati registrati su nessun supporto diverso da quello cartaceo può far immaginare che ci siano delle incertezze nel riportarne i contenuti, tuttavia questi sono stati riscontrati con gli intervistati prima della stesura definitiva nella tesi.
Una possibile incoerenza rintracciabile è quella relativa alla scelta di contesti di

riferimento diversi. Da un lato, infatti, la normativa è stata esaminata dal punto di vista comunitario, mentre la selezione del campione di professionisti coinvolti nelle interviste è rappresentativa di un numero ridotto di contesti nazionali e non è quindi, in questi termini, significativa. Al contempo, non è stato approfondito il quadro di regolamenti e prescrizioni in vigore negli specifici contesti né nel caso delle interviste (Belgio, Danimarca) né nella simulazione dell'applicazione della metodologia proposta al caso studio (Italia).
Non è stato intrattenuto un dialogo strutturato con gli operatori del settore edilizio: sono stati effettuati diversi incontri con attori diversi nell'area del nordest italiano (impresa di costruzioni, responsabile della sicurezza di rilevante operazione di demolizione, impresa di trattamento inerti), ma in modo episodico. Se ciò, da un lato, ha permesso di conoscere punti di vista all'interno della filiera edilizia in merito al tema di ricerca, dall'altro rappresenta una lacuna perché la scelta di un campione più significativo avrebbe permesso una definizione più adeguata dello scenario nel quale è stato prodotto il caso studio. Ciò nonostante, in relazione allo scenario internazionale indagato nella tesi, si sarebbe trattato di un campione anche in questo caso non significativo. Per tale ragione questi incontri-intervista sono stati considerati come supporto alla ricerca e non come metodo di indagine principale, pur avendomi permesso di approfondire la tematica relativa al fine vita degli edifici in un'ottica operativa.
La scelta dei parametri impiegati per l'analisi critico-interpretativa dei casi studio rischia di peccare di arbitrarietà. Tale *range* è in effetti parzialmente debitore delle impressioni personali emerse a una prima indagine relativa alle realizzazioni da inserire all'interno della schedatura. Tuttavia, la scelta di verificare il carattere di permanenza delle ragioni alla base dell'approccio dei progettisti verificando nella letteratura come esse si fossero evolute dall'Età antica alla contemporaneità ha permesso non solo di dare riscontro alle motivazioni che sin dall'inizio la mia personale lettura suggeriva, ma anche di identificare come esse abbiano conservato delle caratteristiche specifiche nel corso dei secoli.

15.3. Possibili linee di sviluppo

La ricerca condotta permette di gettare le basi per degli approfondimenti futuri volti a esaminare più in dettaglio le caratteristiche e gli esiti del *Reuse Design Project*, relativi in particolar modo alla metodologia proposta per l'audit pre-demolizione (paragrafo 10.2).
Un primo possibile approfondimento concerne l'applicazione dell'audit pre-demolizione a un campione più ampio di casi studio, tale da essere rappresentativo del costruito italiano successivo al Secondo dopoguerra e, dunque, dello stock edilizio probabilmente soggetto a demolizione nel corso dei prossimi decenni. Ciò consentirebbe:

(i) di verificare se quello proposto si dimostri uno strumento adeguato anche a seguito della sua applicazione a un insieme di tipi edilizi più eterogeneo;

(ii) di appurare se sono necessarie modifiche al metodo di raccolta dati dell'inventario, in virtù dei differenti sistemi costruttivi riscontrati nei fabbricati esaminati, dettati dalle diverse epoche di costruzione cui essi appartengono, nonché dalla loro localizzazione geografica e dal contesto socio-economico di realizzazione;

(iii) di esaminare se una applicazione sistematica dell'audit pre-demolizione può far emergere delle soluzioni di recupero e reimpiego di elementi tecnici che non si presentino come "ad hoc", bensì siano replicabili in più casi garantendo esiti positivi tanto in termini ambientali quanto di fattibilità tecnico economica.

Un secondo possibile sviluppo è quello relativo alla revisione della strategia individuata per il *Reuse Design Process* grazie alla conduzione di un dialogo attivo con gli operatori del settore edilizio di un contesto geografico preciso. Coinvolgendo figure appartenenti alle diverse fasi del processo progettuale ed edilizio (progettisti, imprese di costruzione, imprese di trattamento rifiuti) sarebbe infatti possibile individuare dei miglioramenti trasversali a tutti gli ambiti professionali. Questo permetterebbe di:

(iv) verificare la fattibilità tecnico-economica della strategia proposta, sulla base di una o più applicazioni a casi studio e della loro successiva analisi, procedimento supportato dagli attori coinvolti attraverso un vivo confronto;

(v) accertare se siano presenti, all'interno del perimetro geografico indagato, operatori della filiera del *remanufacturing* e del riuso, così da comprendere quali siano gli eventuali mercati più vantaggiosi sui quali concentrare le indagini per il recupero di elementi;

(vi) definire quali siano le caratteristiche della figura professionale dell'*auditor* e le competenze che essa deve possedere per fornire un supporto efficace al progettista e per garantire una adeguata capacità di valutazione degli elementi edilizi sia sotto il profilo tecnico che quello economico e di mercato, anche alla luce della strutturazione di possibili percorsi formativi.

15.4. Bibliografia di capitolo

Georgescu-Roegen N., 1982. Energia e miti economici. Torino: Boringhieri

Ghyoot et. al, 2018. Décontruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

Lévi-Strauss C., 2015. Il pensiero selvaggio. Milano: Il Saggiatore.

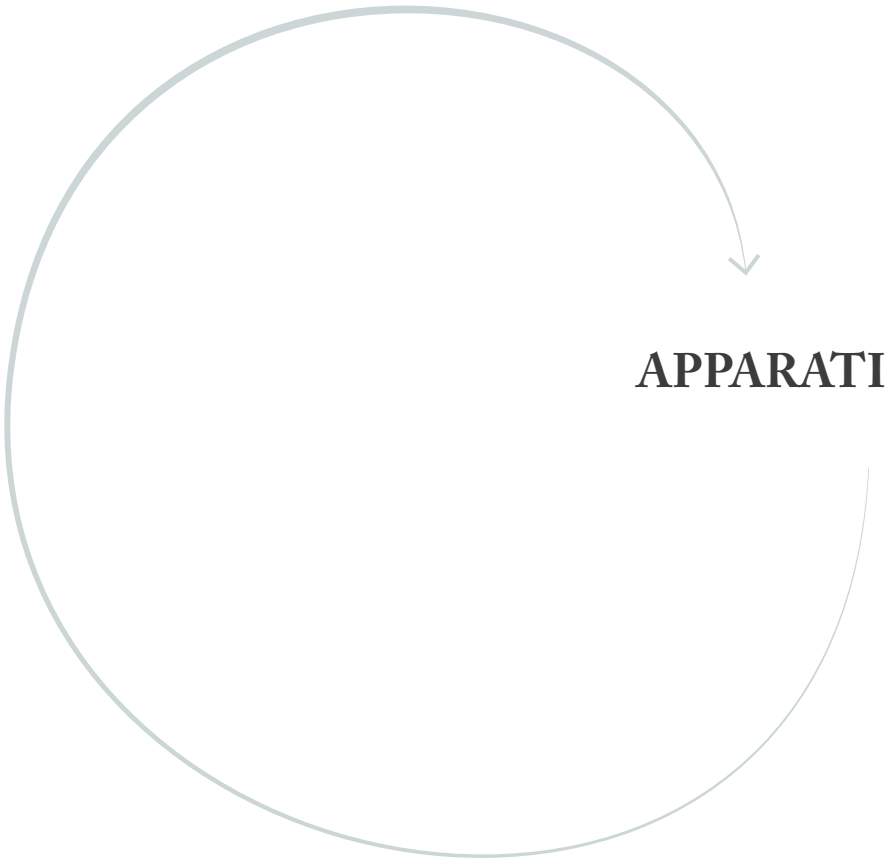
Manzini E., 1990. Artefatti: Verso una nuova ecologia dell'ambiente artificiale. Milano: Domus Academy

Nardi G., 1994. Le nuove radici antiche: saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura. Milano: Franco Angeli

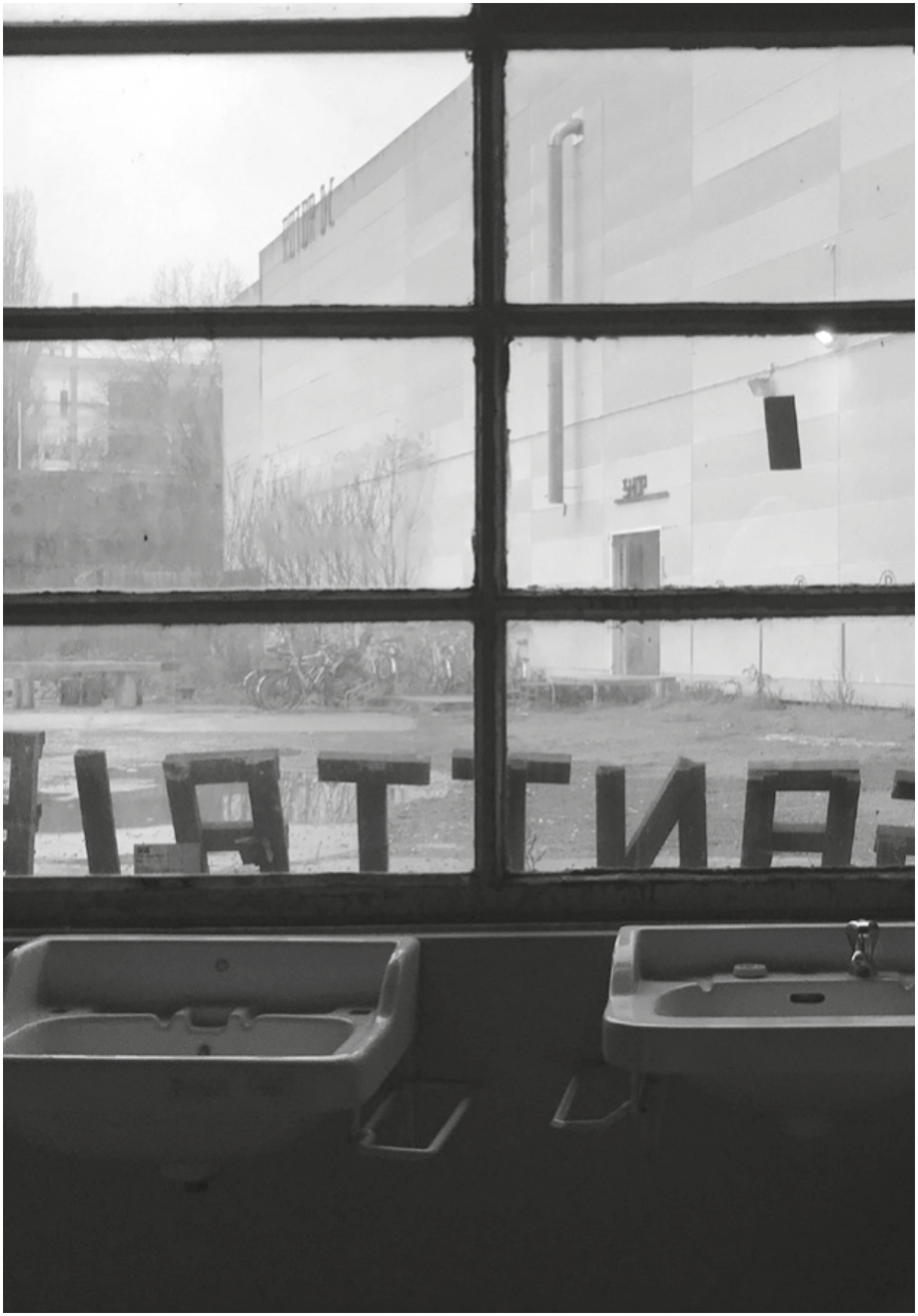
Sala E., 2010. L'intervista. In: De Lillo A. (ed.), Il mondo della ricerca qualitativa, pp. 77-104. Torino: UTET Università.

Waters C. e Zalasiewicz J., 2018. Concrete: The Most Abundant Novel Rock Type of the Anthropocene. In: *Encyclopedia of the Anthropocene*, 1, pp. 75-85

Zalasiewicz, Jan; et al, 2017. The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. In: *Anthropocene* 19, pp. 55-60. 10.1016/j.ancene.2017.09.001



APPARATI



Glossario

Antropocene
L'Antropocene è definibile come l'intervallo di tempo geologico nel quale molti dei processi che avvengono sul pianeta vivono una profonda alterazione da parte antropica, provocando l'uscita del Sistema Terra dalle condizioni tipiche dell'Olocene. Questo termine designa il periodo in cui l'influenza dell'attività umana è decisiva sullo stato, sulle dinamiche e sul futuro del sistema Terra. Il suo avvio viene stimato dalla ricerca corrente all'inizio del XX secolo[1].

Audit pre-demolizione
"Ispezione che va condotta prima di ciascun progetto di ristrutturazione o demolizione e per ogni materiale da reimpiegare o riciclare, come per i rifiuti pericolosi. Essa aiuta a identificare i rifiuti da C&D generati, getta le basi per una adeguata decostruzione e specifica le attività da intraprendere per lo smontaggio e la demolizione. Le azioni basate sull'audit assicureranno la sicurezza dei lavoratori e porteranno a un incremento nella qualità e nella quantità dei prodotti riciclati. Esso permetterà inoltre di aumentare la quantità di materiali che saranno riutilizzati vicino al cantiere o nel cantiere stesso"[2].

Capitale Artificiale
Per *capitale artificiale* si intende, nell'ottica del reimpiego di elementi edilizi, qualsiasi elemento artefatto le cui caratteristiche sono state donate sia dalla natura, in relazione alle materie prime impiegate per realizzarlo, che dalla tecnica umana attraverso la progettazione e la produzione dell'elemento stesso[3]. Il termine *capitale* fa implicito riferimento al fatto che queste proprietà rappresentino un valore intrinseco dell'elemento, anche in quanto esito della cultura materiale di un determinato periodo storico, che ne possono motivare un reimpiego nella sua integrità.

Capitale Naturale
Il concetto di *capitale naturale* è stato strumentalmente mutuato dal settore economico, come nel caso del *capitale artificiale*, per indicare il valore[4] in termini fisici, monetari e di benessere offerto dalla biodiversità al genere umano[5]. Esso

1 - Zalasiewicz, Jan et al., 2017. "The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations." *Anthropocene* 19: 55-60. 10.1016/j.ancene.2017.09.001

2 - Commissione Europea, 2016. EU Construction & Demolition Waste Management Protocol. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs

3 - Ghyoot M., Devlieger L., Billiet L., Warnier A., 2018. Déconstruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

4 - Schumacher E.F., 1980. Piccolo è bello: uno studio di economia come se la gente contasse qualcosa, pp. 6-8. Milano: Mondadori.

5 - https://www.minambiente.it/pagina/capitale-naturale-e-servizi-ecosistemici [02.2021]

pagine 424 e 426:
Area di stoccaggio dei sanitari recuperati, sede di Rotor DC, Bruxelles, dicembre 2019 (Elisa Zatta)

include lo stock mondiale di risorse naturali, nonché i servizi ecosistemici.

Cascata, uso a
L'uso a cascata [*cascading*] definisce i processi che vedono il re-impiego di risorse (materiali o prodotti da costruzione) giunte a fine vita in applicazioni che richiedono prestazioni tecniche inferiori rispetto a quelle originali[6].

Decoupling
Il "disaccoppiamento" è un termine impiegato per descrivere il progressivo e auspicato futuro distanziamento tra la curva di crescita economica e quella di impiego delle risorse naturali, la seconda delle quali vedrebbe un progressivo rallentamento rispetto alla prima[7].

Economia circolare
Tra le molte definizioni esistenti[8], il presente lavoro adotta quella contenuta nel Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia Circolare, che descrive tale modello economico come quello in cui "il valore dei prodotti, dei materiali e delle risorse è mantenuto quanto più a lungo possibile e la produzione di rifiuti è ridotta al minimo"[9]. Ciò richiede la transizione verso un nuovo paradigma progettuale e produttivo, poiché nell'economia circolare "i materiali e le risorse fluiscono dai prodotti esistenti a quelli nuovi, in contrasto con il loro essere progettati 'nei' prodotti e, successivamente, 'intrappolati' nelle discariche"[10], circostanza che caratterizza invece il modello economico lineare.

***Embodied Energy* (Energia incorporata)**
Ciascuno dei processi che contribuiscono alla realizzazione di un prodotto o componente edilizio richiede un dispendio di energia. La quantità di energia totale necessaria per estrarre le materie prime, trasportarle allo stabilimento di produzione, realizzare il prodotto (o componente) finito e fornirlo al cantiere per la posa in opera è definita come la *embodied energy* [MJ/kg] dello stesso[11].

***Embodied Carbon* (Carbonio incorporato)**
Come nel caso della *embodied energy*, viene definito come *embodied carbon* [tCO_{2eq} o $kgCO_{2eq}$] l'insieme delle emissioni inquinanti prodotte nel corso di tutti i processi necessari alla realizzazione del prodotto (o componente) finito, nonché

6 - Ghyoot et al., 2018

7 - Parrique T. et al., 2019. Decoupling debunked: Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. European Environmental Bureau

8 - la più nota è probabilmente quella della Ellen MacArthur Foundation (2013), "*A circular economy is an industrial system that is restorative or regenerative by intention and design. It replaces the 'end-of-life' concept with restoration, shifts towards the use of renewable energy, eliminates the use of toxic chemicals, which impair reuse, and aims for the elimination of waste through the superior design of materials, products, systems, and, within this, business models*" contenuta nel report "Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition".

9 - Commissione Europea, 2015. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione Europea per l'economia circolare. COM (2015) 614

10 - Chapman J., "Product moments, material eternities", in: Baker Brown D., 2017, *The Re-use Atlas: A designer's guide towards the circular economy*, pp. 161-165. London: Riba publishing.

11 - Hammond G., Jones C., 2008. Inventory of Carbon and Energy (ICE) version 1.6a. Department of Mechanical Engineering, University of Bath; Hammond et al., 2011. Embodied Carbon. The Inventory of Carbon and Energy (ICE). University of Bath, BSRIA, 2011

alla fornitura dello stesso al cantiere per la posa in opera, computati all'interno dei confini del sistema[12]. Si tratta di un parametro la cui rilevanza, in ottica del ciclo di vita, è dettata dall'apporto fornito al cambiamento climatico.

Esternalità
Si definisce come "esternalità", nell'ambito degli impatti ambientali, un effetto connesso alle attività antropiche, in particolar modo produttive, che genera conseguenze negative sull'ambiente[13]. Il termine è mutuato dal linguaggio economico, nel quale è impiegato per definire "gli effetti (detti anche effetti esterni o economia esterna) che l'attività di un'unità economica (individuo, impresa, ecc.) esercita, al di fuori delle transazioni di mercato, sulla produzione o sul benessere di altre unità"[14].

Decostruzione
Per decostruzione si intende la "rimozione di elementi edilizi da un sito di demolizione in modo da massimizzarne il recupero e reimpiego"[15]. Ciò prevede che, nel corso delle operazioni di smantellamento dell'edificio, sia data priorità alle attività che permettono di derivare prodotti e componenti integri da tali operazioni e che solo in caso non sussistano le condizioni per farlo, oppure ove sia determinato diversamente dal progettista o dall'impresa per ragioni di fattibilità tecnico-economica, si opti per attività di tipo distruttivo finalizzate ai trattamenti di riciclo dei materiali ottenuti o al loro conferimento in discarica.
La UNI-PdR 75:2020 propone una definizione più estesa per tale processo, definendolo come *decostruzione selettiva*, ovvero come "un approccio sistematico il cui obiettivo è di facilitare le operazioni di separazione dei componenti e dei materiali, al fine di pianificare gli interventi di smontaggio ed i costi associati all'intervento e recuperare componenti e materiali il più possibile integri, non danneggiati né contaminati dai materiali adiacenti, per massimizzare il potenziale di riutilizzabilità e/o riciclabilità degli stessi"[16]. Appare tuttavia evidente, data la definizione di demolizione selettiva riportata in calce, che una decostruzione sia in ogni caso necessariamente "selettiva".

Decostruzione selettiva
v. decostruzione

Demolizione
Per demolizione si intende l'abbattimento di un edificio o una costruzione qualsiasi a scopo puramente distruttivo della stessa e delle sue componenti. Tale processo può avvenire attraverso strumenti di tipo diverso (dai martelli demolitori, ad aria compressa o idraulici, azionati manualmente o montati su bracci, a piccole cariche posizionate su travi e pilastri della struttura portante del fabbricato) in base alle circostanze e prevede la rimozione progressiva dei flussi di materiale risultanti.

12 - Ibid.
13 - https://www.treccani.it/vocabolario/esternalita
14 - https://www.treccani.it/enciclopedia/esternalita
15 - Commissione Europea, 2018. Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs
16 - UNI, 2020. Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare. Prassi di Riferimento UNI/PdR 75:2020.

Demolizione selettiva
"La rimozione dei materiali da un sito di demolizione in una sequenza predeterminata, in modo da massimizzare le prestazioni di recupero e riciclo"[17]. Si tratta, in sostanza, di operare una efficiente raccolta differenziata dei diversi flussi di materiale risultanti dalle attività di demolizione, finalizzata a una adeguata gestione ambientale degli stessi[18]. Ciò prevede, solitamente, che la prima fase consista nello *strip-out*, ovvero nella rimozione di tutti i componenti di arredo, dei serramenti interni ed esterni, degli impianti e dei rivestimenti (ove possibile) di modo da far sì che solamente la componente strutturale e di tamponamento resti in sede per la successiva, ed effettiva, demolizione.

Downcycling
Questo termine, coniato da Thorton Kay nel 1994[19], viene utilizzato al fine di porre l'accento sugli aspetti poco soddisfacenti, in termini ambientali, del riciclaggio di materiali, ove l'esito degli stessi non sia considerato sufficientemente valido sotto il profilo qualitativo e prestazionale da giustificare gli input di energia e di materie prime necessari per la loro attuazione[20]. Si rimanda, per approfondimenti, al capitolo 2.

Impronta materiale
Si tratta di un'espressione mutuata da quella di "impronta ecologica", indicatore che stima il consumo di risorse da parte della popolazione insediata in una determinata area in termini di superficie di territorio produttivo necessario a rigenerare le risorse consumate da suddetta popolazione e ad assorbirne i rifiuti prodotti. Il termine *material footprint* compare nel nome di diversi modelli statistici correntemente impiegati a livello internazionale nell'ambito della *material flow analysys*. L'Unione Europea definisce la *material footprint* come "la domanda globale di estrazione di materiali (biomassa, depositi materiali, minerali non metalici e vettori di energia fossile) innescata dal consumo e dagli investimenti di privati, governi e aziende"[21].Altre fonti, tra cui Wiedmann et al.[22], la definiscono invece come "la quota globale di materie prime estratte impiegate per la domanda finale dell'economia", considerando dunque i flussi fisici di materiale dall'inizio della catena produttiva al consumatore.
Nell'ambito della presente tesi, con *impronta materiale* si fa riferimento a un'accezione del termine perimetrata al settore delle costruzioni e riferita alla domanda di materie prime estratte e trasformate per la produzione di materiali, prodotti e componenti edilizi. Si rimanda all'introduzione per un approfondimento delle definizioni dell'indicatore.

Prestazione residua
"La prestazione residua di un elemento edilizio che ha già subito uno (o più) cicli di impiego può essere definita come *il livello di servizio non pregiudicato*

17 - Commissione Europea, 2018

18 - Commissione Europea, 2016. EU Construction & Demolition Waste Management Protocol. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs

19 - *Salvo Monthly*, 23/1994, https://www.salvoweb.com/files/sn99sm24y94tk181119.pdf

20 - Altamura P., 2015. Costruire a zero rifiuti: strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia. Milano: Angeli

21 - https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php

22 - Wiedmann et al. (2015), https://www.pnas.org/content/112/20/6271

dall'uso precedente né dall'operazione di dismissione, che il componente dismesso è ancora in grado di offrire. Un criterio simile include implicitamente la nozione di "attitudine al reimpiego", ma non la rende decisiva per la valutazione preliminare, consentendo così di procedere in due tempi: prima, indagando quali e quante prestazioni sono state "perdute" dal componente rispetto ad una sua presunta integrità originaria e, poi, determinando a quali impieghi il componente dotato di tale prestazione residua può essere assoggettato: l'impiego originario, in una nuova configurazione, oppure un impiego di minore severità"[23].

Riuso (o reimpiego, o riutilizzo)
Dal punto di vista giuridico, è definita come riutilizzo "qualsiasi operazione attraverso la quale prodotti o componenti che non sono rifiuti sono reimpiegati per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti"[24]. In tale prospettiva, si tratta di un termine che si applica alle attività di prevenzione dei rifiuti, non alla gestione degli stessi, vincolando inoltre l'elemento alla medesima funzione che ricopriva in precedenza. Il lavoro di ricerca approfondisce in modo esaustivo nei capitoli 3 e 9 le conseguenze di tale definizione.
In questa tesi i termini riuso, reimpiego e riutilizzo sono impiegati in qualità di sinonimi, al fine di identificare le attività che prevedono il recupero di prodotti o componenti edilizi nella loro integrità formale e funzionale, finalizzato a conferirvi una nuova funzione in una differente costruzione, indipendentemente dal fatto che tale funzione sia analoga a quella rivestita in precedenza o differente da essa. All'interno di questo perimetro sono compresi anche i processi di *superuse* (v.), i quali identificano però un approccio progettuale finalizzato a un uso inedito degli elementi recuperati.

***Remanufacturing* (o reimpiego indiretto)**
Le attività di *remanufacture* applicate a un bene coprono una vasta gamma di operazioni e si applicano "nel momento in cui la struttura multi-componente del prodotto è smontata, controllata, pulita e se necessario sostituita o riparata in un processo industriale"[25] processi in alcuni casi definiti come ricondizionamento. In ambito edilizio, i processi di *remanufacture* permettono agli elementi edilizi recuperati di poter essere riutilizzati in modo indiretto, a seguito delle necessarie operazioni di controllo, pulizia, riparazione e/o ridimensionamento.

Riciclo (o riciclaggio)
"Qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i materiali di rifiuto sono ritrattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini. Include il ritrattamento di materiale organico ma non il recupero di energia né il ritrattamento per ottenere materiali da utilizzare quali combustibili o in operazioni di riempimento"[26]

---

23 - Antonini E., 2004. Valutazione dell'idoneità al reimpiego di componenti edilizi. In: Gangemi V. (ed.),"Riciclare in architettura: scenari innovativi della cultura del progetto", pp. 115-121. Napoli: CLEAN

24 - Parlamento Europeo, 2008. Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive

25 - Reike D., Vermeulen W.J.V., Witijes S., 2018. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. In: *Resources, Conservation & Recycling* 135, pp. 246–264

26 - Parlamento Europeo, 2008

Reimpiego
v. riuso

Strip-Out* o *Stripping
v. demolizione selettiva

***Superuse* (Riuso creativo)**
Si definisce come *superuse* un processo di recupero innovativo degli oggetti considerati di scarto, che mira a conservarne il più possibile l'integrità proponendosi, dunque, come alternativa più conveniente del riciclo sia sotto il profilo ambientale che dal punto di vista dell'economia circolare. L'ambito di applicazione delle pratiche di *superuse* ricade nel perimetro del reimpiego, ma vede coinvolti esclusivamente i prodotti e componenti che vengono riutilizzati per una funzione differente da quella rivestita in precedenza. Ciò avviene per mezzo di un approccio progettuale creativo, che opera la ricerca e la selezione di tali elementi individuandovi delle potenzialità che ne permettono un utilizzo inedito, spesso inserito in un contesto differente da quello originario[27].

Urban Mining
Si tratta di un approccio *resource-efficient* basato sul fatto che, al fine di evitare l'ulteriore sfruttamento delle risorse materiali naturali, è possibile trarre vantaggio dalle quelle, *già* prodotte a partire da materie prime e giunte a fine vita, che si trovano accumulate nel capitale artificiale ubicato nelle aree urbane[28]. In architettura tale pratica, o disciplina, prevede l'identificazione degli stock artificiali di interesse attraverso un processo di *scouting*, la loro quantificazione, nonché la definizione dei possibili utilizzi tenendo in considerazione sia entità e continuità dell'approvvigionamento che la prospettiva tecnico-economica del riutilizzo[29]. Se questo concetto può potenzialmente essere applicato sia ai materiali che ai prodotti o componenti, nell'ambito della presente ricerca è impiegato esclusivamente per gli elementi edilizi nella loro integrità.

Upcycling
Sono definiti processi di *upcycling* quelli che implicano i trattamenti di materiali derivanti da attività da C&D finalizzati a garantire che il materiale processato conservi quanto più possibile le proprie caratteristiche, al contrario di quanto avviene nei processi di riciclo[30]. Si tratta di un termine dalla definizione non univoca e si rimanda per approfondimenti al capitolo 2.

---

27 - Altamura, 2015

28 - Cossu R., Williams I.D., 2015. Urban mining: Concepts, terminology, challenges. In: *Waste Management* 45, pp. 1–3. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.04

29 - Hebel D.E., 2017. Reservoir Buildings: Toward an idea of abundant pertinence. In: Benjamin D., *Embodied energy and design. Making architecture between metrics and narratives*, pp. 107-116. New York: Columbia University GSAPP/Lars Müller Publishers

30 - Altamura, 2015

Bibliografia tematica[1]

Gestione delle risorse materiali nella contemporaneità (i): prospettive

Baudrillard J., 1976. La società dei consumi: i suoi miti e le sue strutture. Bologna: Il Mulino

Boulding K.E., 1g966. The Economics of the Coming Spaceship Earth. In: Jarrett H. (ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy, Essays from the sixth RFF Forum*, pp. 3-14. Baltimore, London: The John Hopkins Press. (new edition: Washington, London: Earthscan 2011)

Buckminster Fuller R., 1969. Operating Manual For Spaceship Earth. doi: 10.9774/gleaf.978-1-907643-44-6_7

Commoner B., 1972. Il cerchio da chiudere: la natura, l'uomo e la tecnologia. Milano: Garzanti.

Georgescu-Roegen N., 1982. Energia e miti economici. Torino: Boringhieri

Georgescu-Roegen N., 1971. The Entropy Law and the Economic Process. Cambridge; London: Harvard University Press

Latouche S., 2009. Come sopravvivere allo sviluppo: dalla decolonizzazione dell'immaginario economico alla costruzione di una società alternativa. Torino: Bollati Boringhieri

Lynch K., 1992. Deperire: rifiuti e spreco nella vita di uomini e città. Napoli: Cuen

Manzini E., 1990. Artefatti: Verso una nuova ecologia dell'ambiente artificiale. Milano: Domus Academy

Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W., 1972. The limits to growth. New York: Universe Books.

McDonough W., Braungart M., 2002. Cradle to cradle: remaking the way we make things. New York: North Point Press

Sachs W. (ed.), 2010. The Development Dictionary: A Guide to Knowledge as Power. London and New York: Zed Books

Serres M., 1991. Il contratto naturale. Milano: Feltrinelli

Rogers R., Gumuchdjian P. (ed.), 1997. Città per un piccolo pianeta. Roma: E.R.I. d'A (Edizioni rivista italiana d'architettura)

Schumacher E.F., 1980. Piccolo è bello: uno studio di economia come se la gente contasse qualcosa. Milano: Mondadori

Waters C. e Zalasiewicz J., 2018. Concrete: The Most Abundant Novel Rock Type of the Anthropocene. In: *Encyclopedia of the Anthropocene*, 1, 75-85

1 - La bibliografia tematica intende offrire una panoramica dei principali volumi, articoli scientifici, report e riferimenti istituzionali che hanno permesso l'approfondimento degli argomenti trattati nella tesi. Per tale ragione, i contributi di singoli autori nei volumi menzionati non appaiono in forma individuale.

I riferimenti bibliografici completi per ciascuna delle relative citazioni sono riportati nelle bibliografie finali dei capitoli.

Gestione delle risorse materiali nella contemporaneità (ii): ricerche e analisi

ARUP, 2016. The Circular Economy in the Built Environment. London: ARUP. https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-economy-in-the-built-environment [08.2020]

Deloitte, 2017. Resource Efficient Use of Mixed Waste: Improving management of construction and demolition waste. Final Report. Prepared for the European Commission, DG ENV. https://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/CDW_Final_Report.pdf [10.2020]

Ecorys, Copenhagen Resource Institute, 2014. Resource efficiency in the building sector: Final report. https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Resource%20efficiency%20in%20the%20building%20sector.pdf [07.2020]

ECSO (European Construction Sector Observatory), 2018. Improving energy and resource efficiency: Analytical report. Commissione Europea. https://ec.europa.eu/docsroom/documents/33121 [12.2020]

EEA (Environmental European Agency), 2017. Circular by design. Products in the circular economy. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi: 10.2800/860754

IRP, 2019. Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. A Report of the International Resource Panel, United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.

IEA (International Energy Agency), GlobalABC (Global Alliance for Buildings and Construction), UNEP (United Nations Environment Programme), 2019. 2019 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. https://www.worldgbc.org/news-media/2019-global-status-report-buildings-and-construction [08.2020]

Nazioni Unite, 2015. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld [09.2020]

OECD, 2015. Material Resources, Productivity and the Environment. OECD Green Growth Studies. OECD Publishings: Paris. doi: https://dx.doi.org/10.1787/9789264190504-en [29.06.2020]

OECD, 2018. Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences. OECD Publishing: Paris. Doi: https://doi.org/10.1787/9789264307452-en [29.06.2020]

Parrique T. et al., 2019. Decoupling debunked: Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. European Environmental Bureau

Modelli circolari e metabolici

Clift R., Druckman A., 2016. The Industrial Ecology Paradigm. In: Clift R., Druckman A. (eds.): Taking Stock of Industrial Ecology, 137-158. London: Springer Open

Cullen J.M., 2017. Circular Economy: Theoretical Benchmark or Perpetual Motion Machine? In: *Journal of Industrial Ecology*, 21 (3), pp. 483-486, doi: 10.1111/jiec.12599 [07.2020]

Dijst et a., 2018. Exploring urban metabolism - Towards an interdisciplinary perspective. In: *Resources, Conservation & Recycling* 132, pp. 190-203, doi: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.014

Ferrao P., Fernández J. E., 2013. Sustainable Urban Metabolism. Cambridge: MIT Press.

Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. In: *Journal of Cleaner Production*, 114, pp. 11-32. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.007

Kennedy et al., 2007. The Changing Metabolism of Cities. In: *Journal of Industrial Ecology,* 11 (2), 43-59

Kirchherr J., Reike D., Hekkert M., 2017. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. In: *Resources, Conservation & Recycling* 127, pp. 221-232. doi: https://doi.org/10.2139/ssrn.3037579

Reike D., Vermeulen W.J.V., Witijes S., 2018. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. In: *Resources, Conservation & Recycling* 135, pp. 246–264

Stahel W., 1982. The Product-life factor. In: Orr S. G. (ed.), *An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: the role of the private sector* (Papers of the 1982 Mitchell Prize winners). Houston: HARC (Houston Area Research Center)

Stahel W., 2010. The performance economy. London: Palgrave Macmillan.

Stahel W., 2019. The circular economy: a user's guide. Edited by The Ellen MacArthur Foundation. New York: Routledge

Weisz et al., 2015. Industrial Ecology: The role of manufactured capital in sustainability. PNAS 112 (2), 6260-6264. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1506532112

Relazioni del costruito con il luogo e con il tempo

Abramson D.M., 2016. Obsolescence: an architectural history. Chicago; London: The University of Chicago Press

Augé M., 2004. Rovine e macerie: il senso del tempo. Torino: Bollati Boringhieri

Banham R., 2005. Architettura della prima età della macchina. Milano: Christian Marinotti Edizioni

Blake P., 1983. La forma segue il fiasco: perché l'architettura moderna non ha funzionato. Firenze: Alinea

Cairns S., Jacobs J.M., 2014. Buildings Must Die: A perverse view of architecture. Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press

Di Battista V., 1992. Le discipline del costruito e il problema della continuità. In: Ciribini G. (ed.), *Tecnologie della costruzione*. Roma: NIS, pp. 151-168

Di Battista V., Fontana C., Pinto M.R. (eds.), 1995. Flessibilità e riuso. Firenze: Alinea

Di Battista V., 2006. Ambiente costruito: un secondo paradigma. Firenze: Alinea

Giachetta A., 2004. Architettura e tempo: la variabile della durata nel progetto di architettura. Milano: Libreria CLUP

Imperadori M., 2001. Costruire sul costruito: tecnologie leggere nel recupero edilizio. Roma: Carocci

Mostafavi M., Leatherbarrow D., 1993. On weathering: the life of buildings in time. Cambridge; London: MIT Press

Nardi G., 1994. Le nuove radici antiche: saggio sulla questione delle tecniche esecutive in architettura. Milano: Franco Angeli

Norberg-Schulz C., 1979. Genius Loci. Milano: Electa

Pinto M.R., 1995. Il riuso edilizio: procedure, metodi esperienze. Torino: UTET

Scalbert I., 6a Architects, 2013. Never Modern. Never modern. Zürich: Park Books

Scalvini M.L., 1984. Il nuovo di ieri. In: *Domus* 649, pp. 2-5

Settis S., 1994. Continuità dell'antico. In: *Enciclopedia dell'arte antica, Il Supplemento 1971-1994*, 250-260. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana.

Valorizzazione del capitale artificiale in edilizia

Altamura P., 2015. Costruire a zero rifiuti: strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia. Milano: FrancoAngeli

Antonini E. (ed.), 2001. Residui da costruzione e demolizione: una risorsa ambientalmente sostenibile. Il progetto VAMP e altre esperienze di valorizzazione dei residui. Milano: FrancoAngeli

Antonini E., Donati V. (eds.), 2004. Il mattone ritrovato: Manuale per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Provincia di Bologna in applicazione dell'Accordo di Programma. Bologna: Provincia di Bologna.

Benjamin D., 2017. Embodied Energy and Design: Making Architecture between metrics and narratives. New York: Columbia University GSAPP/ Lars Müller Publishers

Cossu R., Williams I.D., 2015. Urban mining: Concepts, terminology, challenges. In: *Waste Management* 45, pp. 1–3, http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.040

Galle W., Cambier C., Elsen S., Herthogs P., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C., 2019. Building a Circular Economy. Buildings: a Dynamic Environment. Brussels: Vrije Universiteit Brussel (VUB)

Giorgi S., Lavagna M., Campioli A., 2017. Economia circolare, gestione dei rifiuti e life cycle thinking: fondamenti, interpretazioni e analisi dello stato dell'arte. In: *Ingegneria dell'Ambiente*, vol. 4, 3/2017, pp. 263-276. doi: dx.doi.org/10.14672/ida.v4i3.1141

Giorgi S., Lavagna M., Campioli A., 2019. Circular economy and regeneration of building stock in the Italian context: policies, partnership and tools. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/0120

Hebel D., Wisniewska M.H., Heisel F., 2014. Building from waste: Recovered materials in architecture and construction. Basel: Birkhäuser

Heisel F., Schlesier K., Hebel D.E., 2019a. Prototypology for a circular building industry: the potential of re-used and recycled buildings materials. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 323. doi: 10.1088/1755-1315/323/1/012023

Hillebrandt A., Rieger-Floors P., Rosen A., Seggewies J.-K., 2019. Manual of Recycling: Building as Sources of Materials. Munich: Edition Detail

Johansson N, Krook J., Eklund M., Berglund B., 2013. An integrated review of concepts and initiatives for mining the technosphere: towards a new taxonomy. In: *Journal of Cleaner Production* 55, pp. 35-44. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.04.007

Lendager A., Vind D.L., 2018. A changemaker's guide to the future. Copenaghen: Lendager Group.

Monsù Scolaro A., 2017. Progettare con l'esistente, riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare. Milano: FrancoAngeli

Monsù Scolaro A., 2018. *Embodied Energy* e prestazione residua: misurare il valore ambientale dell'esistente. In: *Techné* 16, pp. 226-234

Paleari M., Campioli A., 2015b. Salvaguardare e riqualificare il suolo. Dalle strategie insediative alla gestione dei processi di dismissione del costruito. In: *Techné* 10, pp. 232-239.

Politi S, Antonini E., 2017. Buildings hidden energy and environmental consequences. In: *SMC* 6, pp. 19-23

Rau T e Oberhuber S., 2019. Material Matters. L'importanza della materia: un'alternativa al sovrasfruttamento. Milano: Edizioni Ambiente.

Ruby I., Ruby A. (eds.), 2010. *Re-inventing construction*. Berlin: Ruby Press

Ruby I., Ruby A. (eds.), 2020. *The Materials Book*. Berlin: Ruby Press

van Dijk K., Boedianto P., te Dorsthorst B.J.H., Kowalczyk T., 2001. *Strategy for reuse of construction and demolition waste: role of authorities*. Heron 46(2), pp. 89-94. url: http://heronjournal.nl/archive.html [04.2020]

Von Richthofen A., Zeng W., Asada S., Burkhard R., Heisel F., 2017. Urban Mining: Visualizing the Availability of Construction Materials for Re-use in Future Cities. In: *Proceedings of the 2017 21st International Conference Information Visualisation (IV)*, 11-17 July 2017, London. doi: 10.1109/iV.2017.34

Il reimpiego nella storia dell'architettura

Bucaille R., Pesez J.-M., 1978. Cultura materiale. In: *Enciclopedia*, vol. IV. Torino: Giulio Einaudi

Bernard J-F., Bernardi P., Esposito D., (eds.), Il reimpiego in architettura: recupero, trasformazione, uso. Atti del

De Lachenal L., 1995. Spolia: uso e reimpiego dell'antico dal 3. al 14. Secolo. Milano: Longanesi

Esch A., 1998. Reimpiego. In: *Enciclopedia dell'arte medievale*, IX, pp. 876-883. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana

Liverani P., 2004. Reimpiego senza ideologia. La lettura antica degli spolia, dall'Arco di Costantino all'età di Teodorico. In: *Mitteilungen des Deutschen Archaologischen Instituts - Romische Abteilung*, vol. 111, pp. 383-434

Oppenheimer A., Hursley T., 2002. Rural Studio: Samuel Mockbee and an Architecture of Decency. New York: Princeton Architectural Press

Pasini G., 2005. Continuità, distanza, conoscenza. In: Centanni M. (ed.), *L'originale assente: introduzione allo studio della tradizione classica*, pp. 75-108. Milano: Mondadori

Rea R., 1999. Il Colosseo. Destrutturazione e riuso tra IV e VIII secolo. In: *Mélanges de l'École française de Rome. MoyenAge*, vol. 111, pp. 183-195. doi: https://doi.org/10.3406/mefr.1999.3685

Sadler S., 2006. Drop City revisited. In: *Journal of Architectural Education*, 58 (1), pp.5-14

Sargent Wood L., 2012. A More Perfect Union: Holistic Worldviews and the Transformation of American Culture after World War II. Oxford: OUP

Riuso di elementi edilizi come strumento progettuale

Antonini E., 2004. Valutazione dell'idoneità al reimpiego di componenti edilizi. In: Gangemi V. (ed.),"Riciclare in architettura: scenari innovativi della cultura del progetto", pp. 115-121. Napoli: CLEAN

Baker Brown D., 2017. The Re-use Atlas: A designer's guide towards the circular economy. London: RIBA Publishing.

Baiani S., Altamura P., 2018. Superuse e upcycling dei materiali di scarto in architettura: progetto e sperimentazione. In: *Tèchné* 16, pp. 142-151. doi: 10.13128/Techne-23035

Bakker C., Den Hollander M., Van Hinte E., Zijstra Y., 2014. Products that last: Product design for circular business models. Delft: TU Delft.

Condotta M., Zatta E., 2019. Riuso del Tempo in Architettura: La pratica del reimpiego di prodotti e componenti edilizi. In: Techné 20, pp. 113-121

Ghyoot M., Devlieger L., Billiet L., Warnier A., 2018. Déconstruction et réemploi: comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes

Gorgolewski M., 2018. Reuse salvation: the architecture of reuse. Hoboken (USA): Johns Wiley & Sons Ldt

Gorgolewski M., 2019. The architecture of reuse. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012030

Jencks S., Silver N., 2013. Adhocism: The case for improvisation. London: The MIT press

Lévi-Strauss C., 2015. Il pensiero selvaggio. Milano: Il Saggiatore.

Manelius A-M., Nielsen S., 2017. Rebeauty: Nordic Built Component Reuse. Copenhagen: Vandkunsten Architects. Available at: https://vandkunsten.com/content//2019/01/NBCR-20170201-web.pdf [09.2020]

Manelius A-M., Nielsen S., Kauschen J.S., 2019. Rebeauty – Artistic Strategies for Repurposing Material Components. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012023

Sennett R., 2017. L'uomo artigiano. Milano: Feltrinelli

van Hinte E., Jongert J., Pereen C., 2007. Superuse: constructing new architecture by shortcutting material flows. Rotterdam: 010 Publishers

Linee guida volte a promuovere il riuso di elementi edilizi

Commissione Europea, 2016. EU Construction & Demolition Waste Management Protocol. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs

Commissione Europea, 2018. Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings. European Commission, Directorate-General for Internal market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.

Deweerdt M. (BBRI), Mertens M. (Brussels Environment), 2020. A guide for identifying the reuse potential of construction products. Working draft version, 29 March 2020. Manual produced as part of the project Interreg NWE 739: Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements (FCRBE), October 2018-January 2022. https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe [09.2020]

Geerts G., Ghyoot M., Naval S (Rotor), 2020. A guide for facilitating the integration of reclaimed building materials in large-scale projects and public tenders. Working Draft version, 26 March 2020. Manual produced as part of the project Interreg NWE 739: Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements (FCRBE), October 2018-January 2022. https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe [09.2020]

UNI, 2020. Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare. Prassi di Riferimento UNI/PdR 75:2020. http://store.uni.com/catalogo/uni-pdr-75-2020 [08.2020]

Efficienza delle risorse materiali: principali politiche europee

Commissione Europea (Commissione delle Comunità Europee), 2005a. Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Portare avanti l'utilizzo sostenibile delle risorse: una strategia tematica sulla prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti. COM (2005) 666

Commissione Europea (Commissione delle Comunità Europee), 2005b. Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Strategia tematica per l'uso sostenibile delle risorse naturali. COM (2005) 670

Commissione Europea (Commissione delle Comunità Europee), 2008. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio. L'iniziativa "materie prime" – rispondere ai nostri bisogni fondamentali per garantire la crescita e creare posti di lavoro in Europa. COM (2008) 699

Commissione Europea, 2011a. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse – Iniziativa faro nell'ambito della strategia Europa 2020. COM (2011) 21

Commissione Europea, 2011c. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse. COM (2011) 571

Commissione Europea, 2012. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio. Strategia per la competitività sostenibile del settore delle costruzioni e delle sue imprese. COM (2012) 433

Commissione Europea, 2014a. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Opportunità per migliorare l'efficienza delle risorse nell'edilizia. COM (2014) 445

Commissione Europea, 2015. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione Europea per l'economia circolare. COM (2015) 614

Commissione Europea, 2018a. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo, al Comitato delle Regioni e alla Banca Europea per gli Investimenti. Un pianeta pulito per tutti: Visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra. COM (2018) 773

Commissione Europea, 2019. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Il Green Deal europeo. COM (2019) 640

Commissione Europea, 2020a. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e più competitiva. COM (2020) 98

Efficienza delle risorse materiali in edilizia: principali normative europee e italiane

D.IM. 11 aprile 2008. Adozione del Piano d'azione Nazionale per il Green Public Procurement. GU 107 dell'8 maggio 2008, pp. 17-36

D.M. 11 ottobre 2017. Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici. GU 259 del 6 novembre 2017, pp. 25-44

D. Lgs. 3 dicembre 2010, n. 205. Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. GU 288 del 10 dicembre 2010, pp. 1-135

Parlamento Europeo, 2008. Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008, relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea, L 312, 22 novembre 2008.

Parlamento Europeo, 2011. Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio. Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea, L 88, pp. 5-43

Parlamento Europeo, 2018. Direttiva UE 2018/851 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti.

printed in June 2021 on recycled paper
→ always go circular!