Antonello Monsù Scolaro

Progettare con l'esistente

Riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare

Ricerche di tecnologia dell'architettura
FRANCOANGELI

RICERCHE DI TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA

diretta da Giovanni Zannoni (Università di Ferrara)

Comitato scientifico:
Andrea Boeri (Università di Bologna), Carlos A. Brebbia (Wessex Institute of Technology, Southampton), Joseph Galea (University of Malta), Maria Luisa Germanà (Università di Palermo), Giorgio Giallocosta (Università di Genova), Maria Chiara Torricelli (Università di Firenze), Jan Tywoniak (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

La collana *Ricerche di tecnologia dell'architettura* tratta prevalentemente i temi della progettazione tecnologica dell'architettura e del design con particolare attenzione alla costruibilità del progetto. In particolare gli strumenti, i metodi e le tecniche per il progetto di architettura alle scale esecutive e quindi le modalità di realizzazione, trasformazione, manutenzione, gestione e recupero dell'ambiente costruito.
I contenuti scientifici comprendono la storia e la cultura tecnologica della progettazione e della costruzione; lo studio delle tecnologie edilizie e dei sistemi costruttivi; lo studio dei materiali naturali e artificiali; la progettazione e la sperimentazione di materiali, elementi, componenti e sistemi costruttivi.
Nel campo del design i contenuti riguardano le teorie, i metodi, le tecniche e gli strumenti del progetto di artefatti e i caratteri produttivi-costruttivi propri dei sistemi industriali.
I settori nei quali attingere per le pubblicazioni sono quelli dei progetti di ricerca nazionali e internazionali specie di tipo sperimentale, le tesi di dottorato di ricerca, le analisi sul costruito e le possibilità di intervento, la progettazione architettonica cosciente del processo costruttivo.
In questi ambiti la collana pubblica progetti che abbiano finalità di divulgazione scientifica e pratica manualistica e quindi ricchi di spunti operativi per la professione di architetto.

La collana nasce sotto la direzione di Raffaella Crespi e Guido Nardi nel 1974.
I numerosi volumi pubblicati in questi anni delineano un efficace panorama dello stato e dell'evoluzione della ricerca nel settore della Tecnologia dell'architettura con alcuni testi che sono diventati delle basi fondative della disciplina.
A partire dal 2012 la valutazione delle proposte è stata affidata a un Comitato scientifico, diretto da Giovanni Zannoni, con lo scopo di individuare e selezionare i contributi più interessanti nell'ambito della Tecnologia dell'architettura e proseguire l'importante opera di divulgazione iniziata quarant'anni prima.

In copertina:
Thierry Konarzewski, *Agonia / AM03*
Cala Lunga, Isola di San Pietro, Sardegna, 17 giugno 2012.

Agonia fa parte della serie ENOSIM*, tema delle anime marine.
Iniziata nel 2009 nelle cale dell'Isola di San Pietro in Sardegna, la serie ENOSIM* è il racconto di un viaggio iniziatico, quello del popolo dei bidoni che, dopo aver attraversato i mari, approdano infine sulle nostre coste, svuotati ed ammaccati; "Intoccabili" che tuttavia hanno man mano subìto una trasformazione; sono diventati "Entità Erranti".
D'estate come d'inverno, io li incontro, mi parlano ed io fotografo la loro anima. Questo strano popolo mi ha trasportato lontano in tempi molto antichi. Contenitori ormai inutili, si sono trasformati in contenuto. Ho trovato in loro umanità, nobiltà, collera. Essi rimangono pur sempre dei pezzi di plastica, degli oggetti vuoti che ingombrano l'ambiente naturale: ho anche tracciato una mappa dei luoghi in cui li ho incontrati ed ho annotato la data di ogni incontro. Essi sono il frutto dei nostri gesti, lo specchio della nostra civilizzazione e la nostra memoria poiché essi ci sopravvivranno. ENOSIM racconta un'avventura umana, quella della nostra società, poiché noi dobbiamo avere un contatto più stretto e più cosciente con i nostri rifiuti. ENOSIM* propone di coltivare una sorta di empatia artistica con l'oceanica invasione delle plastiche nei nostri spazi quotidiani. Tenta di convincerci che è urgente fare un gesto per il nostro pianeta. È anche una metafora della vita e della morte. Il tempo scorre, il momento si avvicina e diventa urgente fare una scelta. Ed infine è un messaggio di speranza, poiché la materia di cui sono fatti i nostri rifiuti si trasforma, ma non sparisce.*

Nato in Benin (Africa), rientrato in Francia adolescente, Konarzewski ha seguito un percorso di studi artistici. Direttore artistico nella pubblicità, ha fondato una propria agenzia di comunicazione, continuando a nutrire il suo bisogno di esprimersi artisticamente attraverso la realizzazione di installazioni con oggetti trovati sia nella natura sia nei luoghi di lavoro. Nel 2000 l'artista scopre i rifiuti nelle cale dell'Isola di San Pietro in Sardegna. Sono proprio questi a determinare il suo linguaggio di scrittura fotografica e da quel momento nasce un progetto artistico, estetico ed etico.

Questa fotografia, di un piccolo bidone arenato sulla spiaggia, sembra inquadrare un pesce. Essa è stata scelta perché, come le altre della serie ENOSIM*, mostra le caratteristiche inedite dei rifiuti e suggerisce la necessità/opportunità di andare alla ricerca, nella pratica progettuale, delle potenzialità nascoste dei residui (e in particolare di quelli edilizi), di cui si parla diffusamente nel testo in termini di "prestazione residua". Come per le foto di Thierry, per comprendere queste potenzialità, il progettista deve fare ricorso alle proprie capacità tecniche e alla propria fantasia.

Antonello Monsù Scolaro

Progettare con l'esistente

Riuso di edifici, componenti e materiali per un processo edilizio circolare

con contributi di
Marco Dettori
Gaetano Settimo
Elisabetta Palumbo

Ricerche di tecnologia dell'architettura
FRANCOANGELI

Il volume raccoglie i risultati e le riflessioni, tutt'ora in corso, svolte durante il progetto di ricerca dal titolo "Implementazione di filiere produttive ed innovazione tecnologica nel riutilizzo di scarti ed eccedenze: soluzioni costruttive e materiali a basso impatto ambientale per la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente", finanziato dalla Fondazione di Sardegna (prima Fondazione Banco di Sardegna), bando annualità 2014, avente come referente scientifico l'autore del volume.
Il progetto è stato cofinanziato dall'azienda Habitat Sardegna s.r.l. operante nel settore dei lavori pubblici e della raccolta e valorizzazione dei materiali residui da costruzione e demolizione.

Copyright © 2017 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.

A mia Mamma e mio Papà,
per avermi guidato in silenziosa saggezza,
consapevoli che un giorno avrei capito

A Laura e Gioele,
per la loro infinita pazienza

Indice

Ringraziamenti p. 11

Do not litter, di *Giovanni Zannoni* » 13

Una circolarità da costruire, di *Ernesto Antonini* » 17

Introduzione » 21

Prima parte
La risorsa rifiuto in edilizia:
aspetti e termini di uno scenario complesso

1. Recuperare per ritrovare una sostenibilità perduta in architettura » 29
1.1 Opportunità ambientali del progetto sul costruito esistente » 30
1.2 Il riuso di edifici e materiali attraverso i secoli » 33
1.3 Il sottile limite tra consumo e spreco » 41

2. Ridurre i rifiuti da costruzione e demolizione: scenari internazionali e nazionali » 47
2.1 Evoluzione normativa a scala europea » 48
2.2 Strumenti di conoscenza e intervento » 52
2.3 L'Italia tra i Paesi Membri UE » 62

3. Circolarità delle risorse e dei processi: scarti, rifiuti, *end of waste* ed MPS p. 78
3.1 Orientarsi tra termini, definizioni e significati » 78
3.2 Approcci al riutilizzo di materia nei cicli di produzione e nei cicli di costruzione » 83

4. Riutilizzare la materia esistente tra arte e architettura » 101
4.1 Tra arte e tecnica » 102
4.2 Paesaggi del riciclo » 110
4.3 Evoluzione degli approcci al riciclo e riutilizzo di materia nel progetto di architettura » 113
4.4 Approcci progettuali al riuso e riciclo in architettura: limiti e potenzialità di edifici e materiali » 139

Appendice. Schede di analisi di alcune realizzazioni contemporanee, di *Belén Serra Marco* » 145

Seconda parte
Progettare per un processo edilizio circolare

5. Progettare il riuso degli edifici » 163
5.1 Oltre la demolizione: il costruito esistente come risorsa ambientale » 163
5.2 Oltre la riqualificazione funzionale: valore ecologico *vs* valore economico » 170
5.3 Verso una "nuova" programmazione pubblica eco-orientata » 177

6. Progettare il riuso di materiali e componenti edili residui » 189
6.1. *Embodied Energy* e prestazione residua: i requisiti nascosti di edifici, materiali e componenti edili preesistenti » 190
6.2 Idoneità tecnica e adeguatezza tecnologica: *downcycling*, *downsizing* e *upcycling* in pratica » 201

7. Valutazione ambientale nel ciclo di vita dell'ambiente costruito in un'ottica di economia circolare, di *Elisabetta Palumbo* » 210
7.1 *Life Cycle Thinking* nel progetto di riuso di edifici » 210
7.2 Metodi e strumenti per la valutazione della sostenibilità nel ciclo di vita a supporto della EC » 216

8. Valutazioni di salubrità di edifici in abbandono e residui edili, di *Marco Dettori e Gaetano Settimo* p. 222
8.1 Principali inquinanti rinvenibili nei residui edili » 223
8.2 Metodi di analisi e monitoraggio degli inquinanti *indoor* » 227
8.3 Pratiche di prevenzione e tutela della salute » 231

9. Dal territorio al componente edile: metodologie progettuali per il recupero e riutilizzo del costruito esistente » 237
9.1 Programma, progetto, esecuzione » 239
9.2 Dalla mappatura dell'abbandono al progetto con la materia preesistente: un centro agroalimentare nella regione storica della Nurra di Alghero (SS) » 248
9.3 Dalla mappatura territoriale di rifiuti al progetto di un centro per la trasformazione e riutilizzo del legno: le ex Concerie Costa di Sassari » 258
9.4 Progettare con prodotti riciclati ed elementi di recupero: un parco didattico nelle ex fornaci Ferromin a Porto Torres (SS) » 268
9.5 Catalogare edifici, materiali ed elementi da costruzione per il recupero dell'edificato storico: Bortigali (NU) e Samugheo (OR) » 278

Bibliografia » 297
Rapporti e statistiche » 308
Direttive, norme, raccomandazioni » 308

Ringraziamenti

Nel pensare a questo libro, ho provato a riassumere il lavoro e le riflessioni sviluppate in questi anni grazie alla possibilità di occupare il ruolo, privilegiato, di ricercatore universitario. Per questo, voglio innanzitutto ringraziare gli studenti (molti dei quali ormai giovani architetti) che hanno avuto la pazienza di seguire le mie indicazioni nel loro percorso di tesi i cui risultati sono in parte presentati in questo libro. Quindi, ringrazio Fabio Ezio Solinas; Jacopo Amoroso; Giampiero Costa e Marco Pinna; Giusy Pinna e Paloma Deidda; Manuela Demurtas e Mirko Nughes.

Ringrazio Gianna Pileri che, tra i miei primi laureandi, si è cimentata con il complesso tema del riciclo in architettura, la cui ricerca costituisce una parte importante del 4° capitolo.

Ringrazio ancora Belén Sierra Marco, laureanda in architettura della Escuela Tecnica di Madrid, che ha realizzato le schede di analisi degli edifici di studio del capitolo 4°.

Ringrazio Thierry Konarzewski, artista della fotografia, che ha concesso generosamente una delle sue splendide immagini che ci fanno riflettere sull'inquinamento dei nostri mari.

Poi, ringrazio i colleghi Elisabetta Palumbo, Marco Dettori e Gaetano Settimo, che hanno fornito un loro prezioso contributo scritto a questo libro.

Ringrazio il prof. Giovanni Zannoni per la solerte assistenza e disponibilità lungo questo percorso.

Ringrazio il prof. Antonello Sanna che mi ha sempre sospinto e incoraggiato a portare a compimento questo lavoro.

Infine, ringrazio in particolare il prof. Ernesto Antonini per il supporto scientifico e per i preziosi suggerimenti forniti lungo l'elaborazione e la messa a punto di questo libro. Ernesto si è sempre fidato di me ed a lui sarò sempre riconoscente.

Do not litter

di Giovanni Zannoni

Credo che dopo il riscaldamento globale, e alla conseguente questione delle energie alternative, il problema della gestione dei rifiuti sia uno dei problemi più pressanti a cui dovremo dedicare grande attenzione ed energie nel prossimo breve periodo. Mentre infatti si organizzano tavole rotonde e incontri fra i paesi più industrializzati per quanto riguarda il buco nell'ozono o la limitazione dei combustibili fossili, non sono a conoscenza di particolari riunioni plenarie per il problema della gestione dei rifiuti a livello mondiale.

Nel settore edilizio gli scarti (da costruzione e da demolizione) costituiscono un problema relativamente recente. Il punto di svolta avviene nel momento in cui il costo della mano d'opera supera decisamente quello del materiale per cui risulta più conveniente velocizzare le operazioni di cantiere, anche a scapito dello spreco di materiale. Quando il costo orario di un operaio, all'utente finale, si aggira fra i 20 e i 25 euro e un rotolo di dieci metri quadrati di membrana bituminosa può costarne una trentina, riciclarne i ritagli e gli avanzi può avere dei costi superiori all'intero rotolo nuovo, oltre al fatto che la mano d'opera deve avere le capacità di riutilizzarli opportunamente.

In epoche passate era diverso. Cuocere un manufatto di argilla per ottenere un laterizio comportava costi energetici non indifferenti. Un mattone era quindi un elemento prezioso, mentre il costo della manovalanza era irrisorio. Nella Venezia del 1500 il laterizio aveva una importanza tale che i fornaciai della Repubblica erano obbligati a vendere il loro prodotto solo agli abitanti della Serenissima e dovevano produrre i loro manufatti con un marchio, onde fosse possibile riconoscerli laddove venduti al di fuori dei confini (con gravi pene per i trasgressori).

D'altronde lo "spoglio" che hanno subito numerosi nostri monumenti in epoche passate lasciano intuire quanto ampia fosse la forbice fra costo del

materiale e costo del muratore. Le lastre marmoree che ornano l'Arco di Costantino a Roma utilizzano perlopiù materiali di spoglio di altri monumenti imperiali. Il Colosseo stesso è stato oggetto di saccheggi nei secoli, almeno fino al 1300.

Quello che per noi oggi è un banale mattone, era un bene prezioso solo qualche secolo fa. Per costruire il Taj Mahal ad Agra, in India, nel 1600, fu realizzata una immensa impalcatura di mattoni. Al termine, solo per la demolizione, ci sarebbero voluti circa cinque anni. L'imperatore decise allora di regalare i mattoni a chi volesse prenderli e la tradizione narra che l'impalcatura fu smantellata in una notte.

Per questo motivo i nostri cosiddetti muri a cassetta, al di là dei due paramenti esterni "nobili" in mattoni integri, erano riempiti al loro interno da pezzi di risulta, macerie, avanzi di cantiere e tutto ciò che poteva fungere da riempimento. Perché i mattoni costavano molto e anche "l'allontanamento dal cantiere e l'avvio in discarica" costituiva anch'esso un onere importante.

Anche il problema del trasporto sicuramente incideva nelle scelte di recupero e riuso dei materiali edili. Se le enormi quantità di legname da costruzione che servirono a Venezia poterono arrivare facilmente dal trentino tramite il fiume Brenta, una volta in pianura la musica era un'altra. Lo si percepisce bene visitando le nostre isole minori, dove tutte le costruzioni, fino a pochi decenni fa, erano costruite con materiale locale, enormi buche nel terreno dal quale venivano estratti i blocchi (di tufo, pomice, arenaria, ecc.) per realizzare le case. Perché fra il dire e il fare, c'è ancora davvero di mezzo il mare.

Adesso non è più un problema di costo del materiale. Anche elementi complessi e costosi, come possono essere alcune parti impiantistiche, non vengono riutilizzati in quanto le modifiche tecnologiche intercorse rendono complesso il loro riutilizzo o semplicemente il tempo necessario al loro recupero è superiore al loro valore a nuovo.

Qualche impresario scaltro recupera vecchie tegole, travi di legno oppure ornamenti di cornicioni o fasce marcapiano, ma non è una questione di sensibilità, ma perché sa che troverà chi è disposto a pagarli cari; per il resto è un festival di pallet, imballaggi di cellophane, reggette in poliestere e sacchi di carta che si mischiano ad avanzi di lavorazioni in laterizio, fibre minerali, calce, ceramica e quant'altro un cantiere edile riesce a utilizzare prima e a scartare poi. Tutto da "buttare via".

Ma l'edilizia affronterà presto questo problema degli scarti e del riciclo e del loro riuso, perché non è più possibile "scucchiaiare" le montagne con immensi calanchi per recuperare argilla o calcaree per il cemento, perché buttare i rifiuti costerà più che comprare i prodotti, perché già da tempo il

problema della scarsità delle materie prime sta chiudendo la forbice fra i costi di mano d'opera e quelli del materiale e quindi diventerà remunerativo anche il recupero e il riciclo dei prodotti da costruzione. Anche se probabilmente non sarà, come spesso accade, una questione di sensibilità ambientale, ma di soldi.

Una circolarità da costruire

di Ernesto Antonini

Gli organismi biologici sono programmati per prelevare dall'ambiente energia e nutrienti, utilizzarli per realizzare le loro funzioni vitali e infine restituirli in modo che essi possano alimentare altri processi, senza creare perturbazioni all'equilibrio generale dell'ecosistema. L'efficienza del modello dipende dai sofisticati meccanismi di retroazione che governano la capacità adattiva dei viventi, grazie ai quali essi aumentano o diminuiscono i loro metabolismi in relazione alle situazioni con cui interagiscono, assicurando così la circolarità dei flussi.

Il concetto di "economia circolare" si ispira dichiaratamente all'efficienza di questo meccanismo e assume che i sistemi economici debbano funzionare come organismi, capaci non solo di favorire l'attuazione dei cicli biologici, ma anche di assoggettare a logiche simili i cicli tecnici. Cioè di assicurare che l'output di ogni prelievo di risorse dall'ecosistema e di ogni processo di trasformazione e di impiego di tali risorse sia efficacemente reimmesso in ciclo e utilizzato per alimentare altri processi, generando un circuito equilibrato di flussi.

La prospettiva che questo approccio delinea trova più di una motivazione nella constatazione degli effetti catastrofici indotti invece dalla applicazione del modello lineare, attuata intensamente negli ultimi due secoli dalle economie industriali. Un modello che legittimava il depauperamento del patrimonio di risorse naturali con il preteso miglioramento delle condizioni di vita degli abitanti del pianeta, e che invece si è rivelato inefficace anche sul piano economico, oltre che socialmente e ambientalmente disastroso.

Se la necessità di correggere la rotta è evidente, la portata della riconversione necessaria ad implementare un'economia circolare è enorme: il solo ripristino di efficaci cicli biologici, per reintegrare nella biosfera la quota di risorsa organica prelevata, impone cambiamenti radicali dei modi di produrre e di consumare. E ancora più sfidante è la prospettiva di ripro-

durre il modello nei cicli tecnici, di cui ricostruire l'assetto assegnando una priorità cruciale agli effetti indotti, invece che concentrarsi sulla sola ottimizzazione dei processi rispetto al conseguimento delle loro finalità utilitarie.

Questa sfida, impegnativa per tutti i sistemi economici e produttivi, nel settore delle costruzioni assume tratti e connotazioni peculiari. Un prodotto edilizio, infatti, per molti versi è un prodotto industriale sui generis: è caratterizzato da una grande quantità di materiali costituenti, da un grande numero di operatori coinvolti nel processo di concezione, produzione ed uso e, di solito, da una durata di vita molto superiore a quella della quasi totalità dei prodotti manifatturieri. Con una preponderanza della fase di utilizzazione rispetto a quelle di concezione e produzione, e una fase di dismissione a fine vita – e reimmissione in ciclo dei residui – molto differita nel tempo rispetto al momento della produzione.

Per queste specificità che lo caratterizzano, molti dei metodi che normalmente vengono impiegati per valutare l'impatto ambientale dei prodotti di consumo, e anche parecchie delle pratiche adottate per mitigare questi impatti, non sono direttamente replicabili nelle costruzioni, o lo sono con grande difficoltà e ampie necessità di adattamento. Tutto ciò rende particolarmente complesso applicare alle costruzioni il modello sviluppato dagli organismi viventi, cioè adottare un approccio conservativo e non dissipativo, e una serie di accorgimenti e "astuzie" che consentano la vita dell'individuo – l'edificio – e insieme favoriscano la sopravvivenza della specie e dell'habitat – il pianeta – con il minimo di asimmetrie fra le due scale e con un'efficienza molto elevata di tutte le trasformazioni che è necessario attuare di continuo per mantenere l'equilibrio dinamico del sistema.

La gestione della fase di fine vita degli edifici e delle loro parti costituenti è un caso emblematico: le dinamiche di obsolescenza investono in momenti diversi e in modo differenziato l'insieme di parti ed elementi eterogenei di cui il manufatto edilizio è costituito, che escono dal ciclo di utilizzo producendo flussi di residui da sottoporre ad un complesso processo tecnico e organizzativo, per essere efficacemente "metabolizzati" e reimmessi in nuovi processi.

Alcuni accorgimenti, adottati in fase di costruzione, possono facilitare il compito: dall'utilizzo di tecniche di assemblaggio reversibili basate su connessioni "a secco", alla progettazione di stratigrafie con strati monomateriale omogenei, fino all'utilizzo estensivo di prodotti biodegradabili. In parallelo, sul versante organizzativo, la messa in atto di adeguate tecniche di disassemblaggio e l'attivazione di efficaci circuiti di raccolta e riciclaggio possono fornire condizioni favorevoli alla corretta dismissione.

Tutto ciò favorisce certamente la circolarità dei flussi, ma i bilanci am-

bientali del processo vanno accuratamente ed analiticamente quantificati, per verificare gli effetti combinati – e potenzialmente incoerenti – di queste strategie. L'impiego di materiali biodegradabili di origine organica, ad esempio, consente di alimentare cicli biologici "naturalmente" bilanciati, con evidenti benefici. Ma espone anche a rischi di sensibile riduzione della durabilità di elementi esposti per lungo tempo ad agenti aggressivi, come lo sono molti di quelli utilizzati negli edifici. Il che impone sostituzioni più frequenti, quindi maggiori quantità di residui e prelievi aggiuntivi di risorse dall'ecosistema per rimpiazzare gli elementi dismessi.

Il riciclaggio delle frazioni a matrice non biologica apre un'altra serie di questioni, anche in questo caso relative soprattutto agli effetti ambientali combinati delle azioni. Triturare gli inerti da demolizione produce granulati riciclati sostitutivi – almeno per alcuni impieghi – di quelli naturali, e genera quindi un duplice effetto positivo: permette di reimmettere in ciclo i residui e limita il prelievo di risorse vergini dall'ecosistema – gli inerti di cava – e gli impatti dovuti alla loro estrazione, lavorazione e movimentazione. Un'azione che muove quindi decisamente nella direzione della circolarità dei flussi, ma la cui attuazione non è ambientalmente neutra rispetto ai processi con cui interagisce: triturare gli inerti per produrre granulati idonei ad essere reimpiegati richiede energia meccanica in quantità rilevanti e conseguenti emissioni, così come trasportarli dai luoghi di produzione ai siti di trattamento e da questi ai cantieri in cui vengano reimpiegati.

Problemi analoghi si presentano con tutti gli altri flussi di residui costituiti da parti costituenti dell'edificio giunte al temine del loro ciclo di utilizzo, la cui reimmissione in ciclo presenta normalmente bilanci ambientali decisamente più favorevoli quando gli elementi sono funzionalmente più complessi e possono essere rimossi mantenendone l'integrità fisica, quindi destinati ad essere reimpiegati come componenti. E con bilanci invece più critici nel caso di frazioni costituite da frammenti e rottami di elementi che hanno perso la loro integrità geometrica e funzionale originaria, tanto più se disomogenei per composizione e quindi da assoggettare a complesse operazioni di selezione.

Alla scala dell'intero edificio, l'imperativo della circolarità dei flussi apre due prospettive radicalmente divergenti, ma, in linea di principio, entrambe coerenti con l'obiettivo.

La prima punta alla biodegradabilità e accetta di limitare la durabilità e alcuni livelli di prestazione dell'edificio, in cambio della possibilità di sfruttare i vantaggi ambientali dei cicli biologici. Il ricorso a materiali reperiti localmente, poco elaborati rispetto allo stato in cui vengono prelevati dall'ambiente, riduce i processi di trasformazione e quindi i fabbisogni energetici e le emissioni conseguenti. Ciò abbatte i costi di investimento ini-